



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS**  
**ESCUELA DE CIENCIAS QUÍMICAS**  
**CARRERA DE INGENIERÍA EN BIOTECNOLOGÍA AMBIENTAL**

**“COMPARACIÓN DE LA EFECTIVIDAD DEL HONGO *Pleurotus ostreatus* y  
*Trichoderma harzianum* EN LA DISMINUCIÓN DE CONCENTRACIÓN DE  
METALES PESADOS EN LODOS DE LIXIVIACIÓN DE UN RELLENO  
SANITARIO”**

Trabajo de Titulación para optar el título de:  
**INGENIERO EN BIOTECNOLOGÍA AMBIENTAL**

**AUTORES:** FREDDY RUBÉN BAYAS TIÑE  
ANDRÉS DARÍO LÓPEZ BERMELLO  
**TUTOR:** ING. JUAN CARLOS GONZÁLEZ

RIOBAMBA – ECUADOR

2017

# **ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**

## **FACULTAD DE CIENCIAS**

### **ESCUELA DE CIENCIAS QUIMICAS**

#### **CARRERA DE INGENIERÍA EN BIOTECNOLOGÍA AMBIENTAL**

El tribunal de Trabajo de Titulación certifica que: El trabajo de investigación: **“COMPARACIÓN DE LA EFECTIVIDAD DEL HONGO *Pleurotus ostreatus* Y *Trichoderma harzianum* EN LA DISMINUCIÓN DE CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS EN LODOS DE LIXIVIACIÓN DE UN RELLENO SANITARIO”**, de responsabilidad de los señores Freddy Rubén Bayas Tiñe y Andrés Darío López Bermello, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal de Trabajo de Titulación, quedando autorizada su presentación.

FIRMA

FECHA

Ing. Juan González.

**DIRECTOR DE TRABAJO DE TITULACIÓN**

Dr. Iván Ramos.

**MIEMBRO DEL TRIBUNAL**

## **DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD**

Nosotros, Freddy Rubén Bayas Tiñe y Andrés Darío López Bermello somos responsables de las ideas, doctrinas y resultados expuestos en el presente Trabajo de Titulación y el patrimonio intelectual de este Trabajo de Titulación pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo

---

Freddy Rubén Bayas Tiñe  
C.I. 2100823711

---

Andrés Darío López Bermello  
C.I. 2200039713

## **DEDICATORIA**

A mis padres, que con esfuerzo y sacrificio supieron impulsar en el buen camino y su apoyo incondicional en los buenos y malos momentos, es por ello que me siento orgulloso de poder dedicárselos a ellos.

## **AGRADECIMIENTOS**

En primer lugar agradecer a Dios por darme la vida y con su amor incondicional me ha permitido culminar una etapa de mi vida.

A mi Madre que ha sido el motor principal que me impulsado a iniciar y culminar con esta etapa académica, ya que a sus buenos consejos he sabido retomar el camino correcto para hoy poder disfrutar junto a ella la culminación de esta etapa académica.

A mi padre por su carácter y voz de aliento me guiaba al sendero de la victoria que hoy puedo sentirme orgulloso de poder dedicárselo a ellos.

A nuestro Tutor Ing. Juan Carlos González que con sus conocimientos y destrezas ha sabido llevar a cabalidad su papel en el desarrollo de todo el proyecto.

A nuestro Asesor Dr. Iván Ramos, que con sus conocimientos nos ha orientado a llevar a cabo de la mejor manera el desarrollo del proyecto.

Por último agradecer a mis amigos/as, familiares cercanos, conocidos que han sido parte de esta etapa de mi vida y me ha fortalecido para formarme como persona y un buen profesional.

Freddy Rubén Bayas Tiñe – Darío Andrés López Bermello

## TABLA DE CONTENIDO

	Páginas
CARATULA.....	i
CERTIFICACIÓN.....	ii
DERECHOS INTELECTUALES.....	iii
DECLARACIÓN DE AUTENTIDAD.....	iv
AGRADEDCIMIENTO.....	v
TABLA DE CONTENIDO.....	vi
INDICE DE GRAFICOS.....	ix
INDICE DE FOTOGRAFIAS.....	x
INDICE DE TABLAS.....	xi
INDICE DE ANEXOS.....	xxiii
RESUMEN.....	xixiv
SUMMARY.....	xxv

## CAPÍTULO I

<b>1.</b>	<b>INTRODUCCION .....</b>	<b>1</b>
1.1.	<i>Identificación del problema .....</i>	<i>1</i>
1.2.	<i>Justificación del proyecto .....</i>	<i>2</i>
1.3.	<i>Objetivos de la investigación.....</i>	<i>4</i>
1.3.1.	<i>Objetivo general. ....</i>	<i>4</i>
1.3.2.	<i>Objetivos específicos.....</i>	<i>4</i>

## CAPÍTULO II

<b>2.</b>	<b>MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>5</b>
2.1.	<i>Antecedentes de la investigación .....</i>	<i>5</i>
2.2.	<i>Marco conceptual .....</i>	<i>6</i>
2.2.1.	<i>La contaminación ambiental. ....</i>	<i>6</i>
2.2.2.	<i>Contaminación del aire .....</i>	<i>7</i>
2.2.3.	<i>Contaminación del agua.....</i>	<i>7</i>

2.2.4.	<i>Contaminación del suelo.</i>	8
2.2.5.	<i>Relleno sanitario.</i>	9
2.2.6.	<i>Producción de líquidos lixiviados.</i>	9
2.2.7.	<i>Composición de los lixiviados</i>	10
2.2.8.	<i>Metales Pesados</i>	12
2.2.9.	<i>Contaminación por metales</i>	13
2.2.10.	<i>Lodo residual</i>	16
2.2.11.	<i>Reino Fungi.</i>	17
2.2.12.	<i>Nutrición y metabolismo</i>	18
2.2.13.	<i>Aplicaciones de hongos en tratamientos de biodescontaminación</i>	19
2.2.14.	<i>Hongo Pleurotus ostreatus</i>	20
2.2.15.	<i>Hongo Trichoderma harzanium.</i>	21
2.2.16.	<i>Las condiciones físico - químicas de los sustratos</i>	21

### **CAPÍTULO III**

<b>3.</b>	<b>METODOLOGIA</b>	<b>24</b>
3.1.	<i>Hipótesis y especificación de las variables</i>	24
3.1.1.	<i>Hipótesis</i>	24
3.2.	<i>Tipo y diseño de investigación.</i>	25
3.2.1.	<i>Tipo</i>	25
3.2.2.	<i>Diseño de investigación</i>	25
3.3.	<i>Unidad de análisis</i>	27
3.4.	<i>Población de estudio.</i>	27
3.5.	<i>Tamaño de muestra.</i>	28
3.6.	<i>Selección de muestra</i>	28
3.7.	<i>Técnicas de recolección de datos</i>	28
3.8.	<i>Parte experimental.</i>	30
3.8.1.	<i>Materiales, equipos y reactivos</i>	30
3.9.	<i>Procedimiento.</i>	31
3.9.1.	<i>Masificación de hongos</i>	31
3.9.2.	<i>Construcción de las celdas para el tratamiento y deshidratación del lodo</i>	33
3.9.3.	<i>Deshidratación del lodo residual del relleno sanitario.</i>	33
3.9.4.	<i>Preparado del sustrato</i>	34

3.9.5.	<i>Unión de los sustratos.....</i>	34
3.9.6.	<i>Inicio del Tratamiento .....</i>	35
3.9.7.	<i>Control del tratamiento .....</i>	35

## **CAPÍTULO IV**

<b>4.</b>	<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>	<b>38</b>
4.1.	<i>Análisis de resultados .....</i>	31
4.2.	<i>Discusión .....</i>	47
	<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>57</b>
	<b>RECOMENDACIONES .....</b>	<b>60</b>
	<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>61</b>
	<b>ANEXOS.....</b>	<b>67</b>



## INDICE DE GRAFICOS

<b>Gráfico 3:1</b>	Esquema del proceso .....	26
<b>Gráfico 3:2</b>	Ubicación del relleno sanitario.....	28
<b>Gráfico 4:1</b>	Gráfica del análisis intermedio del cobre.....	36
<b>Gráfico 4:2</b>	Gráfica del análisis intermedio y final del cobre.....	40
<b>Gráfico 4:3</b>	Gráfica del análisis intermedio del plomo.....	38
<b>Gráfico 4:4</b>	Gráfica del análisis intermedio y final del plomo .....	42
<b>Gráfico 4:5</b>	Gráfica del análisis intermedio del zinc.....	40
<b>Gráfico 4:6</b>	Gráfica del análisis intermedio y final del zinc .....	44
<b>Gráfico 4:7</b>	Gráfica del análisis intermedio y final del Arsénico. ....	46

## INDICE DE FOTOGRAFIAS

<b>Fotografía 2:1</b>	Hongo Pleurotus ostreatus .....	20
<b>Fotografía 2:2</b>	Hongo Trichoderma harzanium.....	21

## INDICE DE TABLAS

<b>Tabla 2:1</b>	Contaminantes de los lixiviados .....	10
<b>Tabla 2:2</b>	Efectos de los compuestos orgánicos sobre la salud. ....	11
<b>Tabla 2:3</b>	Efectos de los metales sobre la salud. ....	11
<b>Tabla 2:4</b>	Efectos de los compuestos químicos sobre la salud. ....	12
<b>Tabla 2:5</b>	Límites Máximos Permitidos. ....	13
<b>Tabla 2:6</b>	Principales características de las clases de hongos.....	18
<b>Tabla 2:7</b>	Composición química de la cascara de cacao.....	22
<b>Tabla 2:8</b>	Composición química de la tusa de maíz. ....	23
<b>Tabla 3:1</b>	Nomenclatura .....	26
<b>Tabla 3:2</b>	Método de recolección .....	29
<b>Tabla 3:3</b>	Materiales equipos y reactivos. ....	30
<b>Tabla 3:4</b>	Ensayo en la determinación de la humedad. ....	37
<b>Tabla 4:1</b>	Resultados iniciales. ....	38
<b>Tabla 4:2</b>	Análisis intermedio y final del cobre con los dos hongos .....	39
<b>Tabla 4:3</b>	Análisis intermedio y final del plomo con los dos hongos.....	41
<b>Tabla 4:4</b>	Análisis intermedio y final del zinc con los dos hongos .....	43
<b>Tabla 4:5</b>	Análisis intermedio y final del arsénico con los dos hongos.....	45
<b>Tabla 4:6</b>	Análisis de varianza y prueba de Tukey para el cobre (tratamiento 1). .	47
<b>Tabla 4:7</b>	Análisis de varianza y prueba de Tukey para el plomo (tratamiento 1).	48
<b>Tabla 4:8</b>	Análisis de varianza y prueba de Tukey para el zinc (tratamiento 1). ...	49
<b>Tabla 4:9</b>	Análisis de varianza y prueba de Tukey para el cobre (tratamiento 2). .	50
<b>Tabla 4:10</b>	Análisis de varianza y prueba de Tukey para el plomo (tratamiento 2).	51
<b>Tabla 4:11</b>	Análisis de varianza y prueba de Tukey para el zinc (tratamiento 2). ...	52
<b>Tabla 4:12</b>	Análisis de varianza y prueba de Tukey para el cobre con dos hongos.	53
<b>Tabla 4:13</b>	Análisis de varianza y prueba de Tukey para el plomo con dos hongos	54
<b>Tabla 4:14</b>	Análisis de varianza y prueba de Tukey para el zinc con dos hongos ...	55

## **INDICE DE ANEXOS**

### **ANEXO 1. OBTENCIÓN Y MASIFICACIÓN DE LAS CEPAS MICROBIANAS**

- Anexo A:** Limpieza para eliminar partículas ajenas
- Anexo B:** Lavado con abundante agua
- Anexo C:** Sumergir por 24 horas en agua para humedecer un 80%
- Anexo D:** Escurrir el exceso de agua
- Anexo E:** Colocar los granos de trigo en una solución de Bernomyl al 0,02 %
- Anexo F:** Colocar el trigo húmedo en frascos de 450 g
- Anexo G:** Esterilización del trigo
- Anexo H:** Homogenizar el trigo para la aireación
- Anexo I:** Sembrado de la *Pleurotus ostreatus*
- Anexo J:** Sembrado de *Trichoderma harzianum*
- Anexo K:** Hongo *Pleurotus ostreatus* masificado
- Anexo L:** Hongo *Trichoderma harzianum* masificado

### **ANEXO 2: SUSTRATO**

- Anexo M:** Mezcla del sustrato cacao - tusa de maíz en diferentes proporciones

### **ANEXO 3: ARMADO DE LAS CELDAS Y CAJOS DE DESHIDRATACION**

- Anexo N:** Medición del pH del trigo
- Anexo O:** Cajón de deshidratación

### **ANEXO 4: TRATAMIENTO**

- Anexo P:** Deshidratación del lodo
- Anexo Q:** Secado del lodo
- Anexo R:** Unión de los componentes para el tratamiento
- Anexo S:** Control del tratamiento - Medida del pH y temperatura
- Anexo T:** Control de humedad –Pesado de suelo húmedo
- Anexo U:** Pesado del suelo seco

## **ANEXO 5: VERIFICACIO EN EL CRECIMIENTO**

- Anexo V:** Crecimiento del *Trichoderma harzianum*  
**Anexo W:** Crecimiento de la *Pleurotus Ostreatus*  
**Anexo X:** Fin del tratamiento de la *Trichoderma harzianum*  
**Anexo Y:** Fin del tratamiento de la *Pleurotus ostreatus*

## **ANEXO 4: RESULTADOS**

- Anexo Z:** Resultado inicial  
**Anexo AA:** Análisis intermedio  
**Anexo BB:** Análisis intermedio  
**Anexo CC:** Análisis intermedio  
**Anexo DD:** Análisis intermedio  
**Anexo EE:** Análisis intermedio  
**Anexo FF:** Análisis intermedio  
**Anexo GG:** Análisis final  
**Anexo HH:** Análisis final  
**Anexo II:** Análisis final  
**Anexo JJ:** Análisis final

## RESUMEN

En el presente trabajo experimental se realizó la Comparación de la Efectividad del Hongo *Pleurotus ostreatus* y *Trichoderma harzianum* en la Disminución de Concentración de Metales Pesados en Lodos de Lixiviación de un Relleno Sanitario, realizado en Lago Agrio, provincia de Sucumbíos. La metodología experimental inicia con la masificación de hongos durante seis semanas en el Laboratorio de Biotecnología, Facultad de Ciencias, utilizando equipos; autoclave, incubadora, y cámara de flujo. El lodo extraído de piscinas de lixiviación se secó al ambiente sobre geomembranas para posteriormente disponerlos en catorce celdas construidas de madera donde se sembraron los hongos *Trichoderma harzianum* y *Pleurotus ostreatus* en forma simultánea, a dos proporciones diferentes de sustrato con tres repeticiones cada uno, siendo dos celdas de control para cada hongo, la experimentación duró aproximadamente dos meses llevando un control de pH, Temperatura y Humedad medidos mediante equipos, peachimetro, balanza y estufa. Los resultados obtenidos indican que la *Trichoderma harzianum* remueve Cobre un 53,7%; Plomo 38,9%; Zinc 33,5% mientras la *Pleurotus ostreatus* remueve Cobre un 46,3%; Plomo 43,1%; Zinc 31,2%, y para el Arsénico la disminución fue nula. Estos porcentajes disminuidos de su concentración inicial son validados con tukey a través del análisis estadístico SPSS. En conclusión los resultados satisfactorios se dieron en la remoción del Cobre y Zinc con *Trichoderma harzianum* utilizando una proporción de sustrato de 40%cacao-60% tusa, logrando que valores iniciales medidos resulten debajo de los límites permisibles según la Legislación Ambiental vigente en Ecuador y con *Pleurotus ostreatus* se tuvieron buenos resultados removiendo Plomo con proporción 60%cacao-40% tusa. La *Trichoderma harzianum* resulta un microorganismo eficiente para remover ciertos metales de lodos de lixiviación de relleno sanitario.

**Palabras clave:** <METALES PESADOS>, <RELLENO SANITARIO>, <PLEUROTUS OSTREATUS (SETA DE OSTRA)>, <TRICHODERMA HARZIANUM>, <SUSTRATO>, <LODOS DE LIXIVIACIÓN>, <LAGO AGRIO (CANTÓN)>, <SUCUMBÍOS (PROVINCIA)>, <BIOTECNOLOGÍA AMBIENTAL (CIENCIAS QUÍMICAS)>

## SUMMARY

The present experimental investigation is about the comparison of the Effectiveness of mushroom *Pleurotus ostreatus* and *Trichoderma harzianum* in the reduction of concentration of heavy metals in muds of Lixiviation of a landfill, carried out in Lago Agrio, Sucumbíos province. We started with the widespread growth of mushrooms during six weeks in Biotechnology Laboratory, Science Faculty using equipment such as autoclave, incubator and flow chamber. The mud extracted from lixiviation swimming pools was dried the environment on geomembranes to prepare them later in 14 celis made of wood where the mushrooms *Trichoderma harzianum* *Pleurotus ostreatus* were cultivated at the same time in two different amounts of substrate with three repetitions each using two celis of control for each mushroom. This experiment lasted about two months with a pH control, Temperature and Humidity were measured by equipment such as: pH meter, scale and stove. The results showed that *Trichoderma harzianum* removes copper in 53,7%, lead 38,9%, Zinc 33,5% while *Pleurotus ostreatus* removes copper in 46,3%, lead 43,25%, Zinc 31,2% and for Arsenic the reduction was invalid. These percentages reduced from initial concentration were validated with tukey by means Statiscal Package for the Social Science (SPSS). It is concluded that the satisfactory results were gotten in the Copper and Zinc removal with *Trichoderma harzianum* using an amount of substrate of 40%cocoa-60%so, the initial results are under the acceptable limits according to the current Environmental Legislation in Ecuador and with *Pleurotus Osreatus* we got good results by removing Lead with an amount of 60%cocoa-40%cob. Therefore, *Trichoderma harzianum* is an effective microorganism to remove certain metals of muds of lixiviation of landfill.

**KEYWORDS:** <HEAVY METALS>, <LANDFILL>, <PLEUROTUS OSTREATUS>, <OYSTER MUSHROOM>, <TRICHODERMA HARZIANUM>, <SUSTRATE>, <MUDS OF LIXIVIATION>, <LAGO AGRIO (CANTON)>, <SUCUMBIOS (PROVINCE)>, <ENVIRONMENTAL BIOTECHNOLOGY CHEMICAL SCIENCES>

# **CAPÍTULO I**

## **1 INTRODUCCION.**

### **1.1 Identificación del problema.**

El cantón Lago Agrio de la provincia de Sucumbíos con una población aproximada de cien mil habitantes, cuenta con un relleno sanitario donde se realiza el proceso de tratamiento de sus lixiviados, generando lodo residual, el cual no recibe tratamiento alguno y actualmente es dispuesto en un espacio improvisado en los predios del mismo relleno.

Este tipo de lodo residual contiene una alta carga de contaminantes de diversa naturaleza y dentro de los más problemáticos por su peligrosidad intrínseca se encuentran los metales pesados, tales como: Pb, Cu, Zn, Hg, Cd, Ni, Cr, que se han encontrado en diferentes análisis de las muestras de los lodos. (Contreras, 2011, p. 3).

Los metales pesados presentes en el lodo residual, representan una amenaza para los sistemas: suelo, agua y atmosfera ya que la movilidad de estos contaminantes está incrementada por la alta pluviosidad y temperatura del lugar.

Múltiples efectos se pueden evidenciar por la acción de los metales pesados, desde la baja productividad agrícola hasta la desertificación así como también la posibilidad de migrar y llegar a la flora y fauna e incluso a los seres humanos que laboran en el lugar.

Conocida también es la conexión entre geosfera e hidrosfera, y procesos como escorrentía e infiltración, son responsables de la contaminación de aguas superficiales y subterráneas, alterando la calidad del agua, la fisiología de los macro y micro organismos y dañando las fuentes de agua para consumo humano. (Valdés & López, 2015, p. 10).



Altas concentraciones de metales pesados e incluso dosis mínimas tienden a acumularse y bioacumularse a través de las cadenas tróficas llegando al hombre.

Los efectos negativos que pueden llegar a producir son: daño renal, abortos, perturbación del sistema nervioso, daño al cerebro, envenenamiento a causa del plomo; daño hepático, diarrea, vómito y problemas respiratorios por efectos del cobre o por niveles altos de zinc causa problemas de salud eminentes, como la úlcera de estómago, irritación de la piel, daños al páncreas, náuseas y anemia. (Cárdenas, 2014, pp. 1-2).

Cerca del relleno sanitario existe actividad agrícola y el cruce de pequeños cuerpos de agua que son utilizados en los campos para sus distintas actividades.

Es importante también mencionar que el lodo residual acumulado reduce la vida útil de un relleno sanitario ya que ocupa espacios no contemplados, contamina y es una molestia para el personal que labora en sus inmediaciones (relleno sanitario con aproximadamente 20 personas) y a la comunidad que vive en su entorno (aproximadamente seis familias).

## **1.2 Justificación del proyecto.**

El tratamiento de los lixiviados generados en el relleno sanitario (entre 3000-4000 m<sup>3</sup> cada 45 días) de la ciudad de Lago Agrio contienen lodos en porcentajes que van del 5 al 10 % del total, son sedimentos que requieren de un tratamiento efectivo, caso contrario se seguirán acumulando en el relleno como actualmente sucede.

Las altas concentraciones de metales pesados (Pb, Cu, Zn, As) encontradas en el lodo residual deben ser removidas y los tratamientos biológicos combinados con pre tratamientos físico químicos son una alternativa eficiente y ambientalmente responsable. (Oropeza, 2010, pp. 2-3).

*Pleurotus ostreatus* y *Trichoderma harzianum*, son dos tipos de hongos que han sido aplicados en procesos experimentales, logrando buenos resultados en la eliminación de metales pesados, su reproducción y manejo son viables y económicos, además, las condiciones ambientales de la zona donde se ejecutará el proyecto de investigación son favorables.

La comparación de la efectividad en la eliminación de los metales pesados de los lodos residuales ayudará a la selección del organismo adecuado para el tratamiento de todo los residuales acumulados en el relleno. (Paredes, 2012, p. 3).

La posibilidad de eliminar todo el volumen de lodos residuales liberarán los espacios ocupados devolviéndole al relleno su tiempo de vida útil. Así mismo, se beneficiará directa e indirecta a todas las personas que laboran en el relleno sanitario, en los caseríos cercanos, se protegerá los suelos, las fuentes de agua y la biodiversidad de la zona.

Cabe recalcar que el Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Lago Agrio brinda todas las facilidades y patrocinio para la realización de la presente investigación, ya que los resultados son de su interés.

### **1.3           Objetivos de la investigación.**

#### **1.3.1           Objetivo general.**

Comparar la efectividad del hongo *Pleurotus ostreatus* y *Trichoderma harzianum* en la disminución de la concentración de metales pesados (Cu, Pb, Zn, As) en lodos de lixiviación del relleno sanitario del Cantón Lago Agrio.

#### **1.3.2           Objetivos específicos.**

- Caracterizar los parámetros químicos, físicos y microbiológicos del lodo residual procedente de la piscina de lixiviados.
- Reproducir *Pleurotus ostreatus* y *Trichoderma harzianum* en el lodo procedente de la piscina de lixiviados.
- Evaluar la concentración de metales pesados en el periodo de crecimiento y maduración de los hongos.
- Analizar los parámetros físico, químico y microbiológico de los lodos residuales tratados.
- Definir el organismo más eficiente para la disminución de los metales monitoreados.

## CAPÍTULO 2

### 2 MARCO TEÓRICO.

#### 2.1 Antecedentes de la investigación.

Gracias al estudio de la interacción de *Trichoderma harzianum* en presencia de contaminantes de origen orgánico e inorgánico con el fin de conocer el potencial de este grupo fúngico en la biorremediación de ambientes contaminados, se determina que es tolerante y resistente a los metales pesados llega a ser una estrategia prometedora para mitigar el efecto nocivo de estos contaminantes. (Alarcón, 2009, p. 3).

Estudios realizados determinaron que gracias a la aplicación de procesos biotecnológicos por acción de *Pleurotus ostreatus* y *Trichoderma harzianum* se logra minimizar la presencia de metales pesados liberados por las actividades industriales y tecnológicos, controlando su alto impacto en el medioambiente por su carácter tóxico y su fácil dispersión en el suelo y agua, amenazando la salud humana y el ambiente. (Prieto, 2012, p. 29).

El proceso experimental llevado a cabo en la Facultad de Ciencias Químicas de la Universidad Autónoma de San Luis de Potosí, nos guía para el inicio del proceso experimental en lodo residual proveniente de lixiviados, donde los porcentajes de remoción con distinta biomasa varía con el tipo de microorganismo aplicado.

*Trichoderma harzianum* remueve al Cobre, Plomo y Zinc en un 97% ejecutados satisfactoriamente para su uso en distintos campos contaminados. (Rodríguez & Martínez, 2012, p. 911).

Entre los microorganismos utilizados encontramos la cepa del hongo *Pleurotus Ostreatus* de la clase basidiomycete, que degradan principalmente la lignina, puede liberar a la celulosa y hemicelulosa del complejo que forman con esta especie.

Muchos estudios como La producción de Enzimas Lignolíticas a partir del Hongo *Pleurotus Ostreatus* y su Aplicación en diversos procesos ambientales. Se enfocan en la habilidad de estos hongos para la degradación de compuestos persistentes, mostrando que es una tecnología muy prometedora. (Slowinski, 2013, p. 23).

## **2.2 Marco conceptual.**

### **2.2.1 La contaminación ambiental.**

El medio ambiente hace referencia al entorno de los factores que nos rodean como son los físicos, químicos, biológicos, en donde los seres vivos interactúan entre sí, determinando su carácter, comportamiento y supervivencia. (Bustos, 2008, p. 118).

Desde una perspectiva global la contaminación ambiental está expuesta directa e indirecta a residuos peligrosos generado por las actividades antropogénicas, el ser vivo esta propenso a ser vulnerable a efectos negativos como los efectos carcinogénicos, mutagénicos teratogénicos, efectos en el sistema reproductor, efectos respiratorios, efectos en el sistema nervioso entre otros.

La alteración del medio natural por adición de forma directa o indirecta de sustancias, cuerpo, partículas peligrosas o dañinas para los organismos biológicos del ambiente que se encargan de mantener el equilibrio ecológico.

El agua, aire y suelo son los medios principales para la dispersión de estos contaminantes. La innovación y el desarrollo tecnológico han sobrepasado barreras de explotación de recursos naturales para generar nuevos productos demandados por la sociedad de distintos estratos económicos.

Los productos creados requieren distintos procesos que en el trayecto generan residuos contaminantes a pequeña y gran escala, como lo es la explotación minera, petrolífera, recursos marinos y flora y fauna.

Donde en la actualidad la demanda de recursos es mayor a la que la naturaleza produce esto debido a la sobrepoblación y el desmedido de consumo de recursos y por ello produciendo un desequilibrio ecológico. (Eróstegui, 2012, p. 2).

### **2.2.2            *Contaminación del aire.***

La polución de contaminantes a la atmosfera se compone de pequeñas gotas, gases y material participado provenientes de actividades antropogénicas y de las pequeñas y grandes empresas que queman combustible en el uso de sus equipos para los procesos que desarrollan.

El CO, CO<sub>2</sub>, HC, SO<sub>x</sub>, NO<sub>x</sub>, y COVs son los contaminantes primarios de mayor porcentaje emitido al aire, donde en la atmosfera reaccionan con otros constituyentes normales o la interacción de los contaminantes primarios para dar pasó a contaminantes secundarios que suelen ocasionar de igual o mayor grado de contaminación entre ellas se encuentran el CO<sub>3</sub>, SO<sub>4</sub>, NO<sub>3</sub>, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>.

Los efectos de la contaminación atmosférica, está ligada más a problemas respiratorios debido a la exposición de forma directa en grandes y pequeñas ciudades, como en el campo por la quema de combustibles por las empresas petrolíferas y mineras que realizan sus actividades. (Gaviria & Muñoz, 2012, p. 317).

### **2.2.3            *Contaminación del agua.***

El agua, en su calidad, posibilidad de acceso y disfrute, es el principal derecho después de la vida, ya que sin ella no es posible explicar la existencia de ningún ser sobre la tierra. (Avellaneda, 2007, p. 117).

El crecimiento poblacional ha impulsado a la utilización de muchos productos tóxicos para el ambiente que mantienen a los cultivo o acelerar los procesos de producción para abastecer las demandas de alimentos y productos.

La falta de conciencia ambiental provoca la contaminación de cuerpos de agua con desechos municipales, industriales, antropogénicas, materia orgánica, hacia los ríos, riachuelo, vertientes, lagos, aguas subterráneas por ello produciendo una alteración de las características naturales del agua dulce que a un corto plazo la disponibilidad de este recurso se verá mermado para una gran parte de la población mundial.

Es un recurso de uso universal en cualquier actividad desarrollada por todo ser vivo, al contaminarse perjudica a los animales, plantas y humanos, produciendo enfermedades mortales, enfermedades leves, mutaciones y desertificación del suelo a través de la lluvia acida. (Varnero, 2010, p. 7).

Las enfermedades químicas se producen debido a la ingestión de aguas contaminadas, por virus, bacterias u sustancias tóxicas (plomo arsénico o hierro), que superar los límites permisibles de concentraciones, algunos ejemplos son: metahemoglobinemia infantil, fluorosis endémica crónica y gastroenteritis. (Paredes, 2012, p. 4).

#### **2.2.4            *Contaminación del suelo.***

Suelo o película de la corteza terrestre que sostiene la vida vegetal, es un agregado de minerales no consolidados, producto de la desintegración de las rocas ya existentes. (Rojas, 2013, p. 36).

La parte más superficial de la corteza terrestre conocida como suelo, está conformada por diferentes minerales y partículas, generadas por distintas actividades naturales que ocurren en el ecosistema, en las que interviene factores como el agua y el viento. Donde su composición varía de acuerdo a las zonas geográficas que estas se encuentren.

El suelo se puede ver alterado debido a la acumulación de sustancias a niveles tales que afecte su origen, haciendo que este empiece a degradarse o a no ser apto para su uso. Estos niveles de concentración afectan también a los organismos que habitan en él, lo que provoca la pérdida parcial o total de la productividad del suelo. (Brissio, 2010, p.1).

#### **2.2.5        *Relleno sanitario.***

Un relleno sanitario es un sitio en donde se trata los residuos generados por los habitantes de un lugar, en la que consta de una depresión del suelo, una membrana que se la coloca en la parte interior para evitar el contacto de lixiviados con suelo, un sistema de recolección de lixiviados y gases. (Giraldo, 2013, p. 56).

Se instala caños emplazados en el fondo del relleno para la recolección de líquidos, y a causa de la inclinación del terreno, estos son acumulados en unas piscinas para su posterior tratamiento. (Collantes, 2009, p. 4).

#### **2.2.6        *Producción de líquidos lixiviados.***

Los lixiviados se generan por efecto de la descomposición de la materia orgánica o por causa de las aguas lluvia que hacen que percole este líquido.

En el proceso de descomposición estos lixiviados arrastran partículas y ácidos orgánicos que se generan en las etapas de descomposición, lo que disuelve los metales que contienen algunos residuos y transportándolos con ellos. (Durán, 2010, p. 10).



**Tabla 2:1      Contaminantes de los lixiviados**

<b>CONTAMINANTES DE LOS LIXIVIADOS</b>	
Sólidos disueltos totales	Fósforo Total
Sólidos suspendidos totales	Niquel
DB05	Hierro
DQO	Plomo
Ph	Cromo
Dureza	Arsénico
Cloruros	Zinc
Calcio	Nitrógeno Total
Sodio	Nitrógeno amoniacal
Nitrógeno Total	Plata
Potasio	Mercurio
Magnesio	Cianuro

Fuente: (Márquez Benavides, 2014, pp. 1-3)

Realizado por: BAYAS, Freddy.; LÓPEZ, Andrés, 2016.

### **2.2.7      *Composición de los lixiviados.***

La composición de los lixiviados va a depender del tipo de residuo, la velocidad química de descomposición y las condiciones climáticas del lugar (temperatura, precipitaciones).

Sin embargo, hay tres grupos de sustancias que se encuentran generalmente en las cercanías de los rellenos:

- **Compuestos Orgánicos Volátiles:** son compuestos formados básicamente por átomos de carbono e hidrógeno que se evaporan fácilmente.

**Tabla 2:2 Efectos de los compuestos orgánicos sobre la salud.**

<b>COMPUESTO ORGÁNICO</b>	<b>EFFECTO SOBRE LA SALUD</b>
Benceno	Cancerígeno, mutagénico, efectos sobre el sistema nervioso central y periférico; efectos sobre el sistema inmunológico y gastrointestinal; desordenes en las células de la sangre; irritaciones de la piel.
Cloroformo	Probable cancerígeno y teratogénico; efectos sobre el sistema nervioso central y efectos gastrointestinales; daños en el hígado y el riñón; embriotóxico; irritaciones en los ojos y la piel.
Tolueno	Posible mutagénico y cancerígeno; efectos sobre el sistema nervioso central y sistema cardiovascular; daños en el hígado y el riñón; irritaciones al sistema respiratorio, la piel y los ojos; alergias.
Xileno	Efectos sobre el sistema nervioso central, sistema cardiovascular; daños en el hígado y el riñón; irritación en ojos.

Fuente: (Greenpeace, 2008, pp.6-8).

Realizado por: BAYAS, Freddy.; LÓPEZ, Andrés, 2016.

- Metales: contenidos en los residuos depositados en los rellenos, debido al carácter ácido de los líquidos lixiviados, son disueltos y transportados.

**Tabla 2:3 Efectos de los metales sobre la salud.**

<b>METAL</b>	<b>EFFECTO SOBRE LA SALUD</b>
Arsénico	Cancerígeno; potencialmente teratogénico; efectos sobre los sistemas cardiovascular, nervioso periférico, reproductivo y pulmonares/respiratorio; daños en el hígado y el riñón
Cadmio	Probable cancerígeno y teratogénico; embriotóxico; efectos en el sistema nervioso central, sistema reproductivo y sistema respiratorio; daños en el riñón.
Cromo	Cancerígeno; probable mutagénico; efectos sobre el sistema respiratorio; alergias, irritación en los ojos.
Plomo	Probable teratogénico; daños en el riñón y el cerebro; efectos en el sistema nervioso central; desorden en las células de la sangre.
Mercurio	Teratogénico; efectos sobre el sistema nervioso central, cardiovascular y respiratorio/pulmones; daños en el riñón y la vista.

Fuente: (Greenpeace, 2008, pp.6-8).

Realizado por: BAYAS, Freddy.; LÓPEZ, Andrés, 2016.

- Dentro de los lixiviados también vamos a encontrar compuestos orgánicos sintéticos y alcoholes, detallados en la siguiente tabla.

**Tabla 2:4 Efectos de los compuestos químicos sobre la salud.**

COMPUESTO	EFFECTOS SOBRE LA SALUD
Lindano	Daños en el sistema reproductor y nervioso; posible cancerígeno.
Etanol	Mutagénico; cancerígeno; causa mal formaciones congénitas.
Propanol	Posible cancerígeno; irritación en la piel, los ojos y en el sistema respiratorio; daños en el hígado y el riñón.

Fuente: (Greenpeace, 2008, pp.6-8).

Realizado: BAYAS, Freddy.; LÓPEZ, Andrés, 2016.

### 2.2.8 Metales Pesados.

Son elementos químicos cuya densidad es mayor a la del agua y su peso molecular es muy alto. Algunos metales son necesarios en el ser vivo en pequeñas concentraciones, ya que forman parte de sistemas enzimáticos, como el cobalto, zinc, o como el hierro que forma parte de la hemoglobina. La falta de estos metales provoca enfermedades, su exceso intoxicaciones.

Los diferentes medios de contaminación hacen que los metales sean susceptibles a incorporarse en el organismo en pequeñas y altas concentraciones que a largo o corto plazo se manifiestan con enfermedades leves o graves, ya que estas toman áreas específicas de acumulación. El metal es incorporado a un cuerpo por exposición a áreas de contaminación o a través de la cadena trófica. (Brown, 2014, p. 161).

En el Ecuador el control de la concentración de los metales pesados en el suelo está presidida a través del Ministerio del Ambiente basándose en el TULSMA, LIBRO VI ANEXO II. Ver Tabla 2:5

**Tabla 2:5                    Límites Máximos Permitidos.**

Sustancia	Unidad	Criterio de Calidad de Suelo Límite Máximo	Límites Máximos Permitidos			
			Agrícola	Residencial	Comercial	Industrial
pH	-	6-8	6-8	6-8	6-8	6-8
Cobre	mg/Kg	30	63	63	91	91
Plomo	mg/Kg	25	100	100	150	150
Zn	mg/Kg	60	200	200	380	380
Arsénico	mg/Kg	5	12	15	15	15

Fuente: (TULSMA, 2015, p. 24)

Realizado por: BAYAS, Freddy.; LÓPEZ, Andrés, 2016.

### **2.2.9                    Contaminación por metales.**

En un grado pequeño los metales son incorporados al cuerpo humano a través de distintas vías como son: el agua, el aire y los alimentos consumidos. Para distintos procesos metabólicos el cuerpo humano, es necesario la presencia de algunos metales a niveles bajos, ya que a alta concentraciones esto podría conducir a envenenamiento o producir enfermedades a corto o largo plazo. (Revilla, 2009, p. 27).

Los efectos negativos causados por su presencia están ligados en el suelo al cambio de alcalinidad en concentraciones fuera del normal. El suelo pierde sus características de producción, genera irrigación en áreas limpias a través del transporte natural.

En el agua altera la fauna, perdiendo la biodiversidad y en el aire produce reacciones con otros elementos que es respirada por animales y plantas y el ser humano. (Eróstegui, 2012, p. 2).

## ➤ **Plomo.**

El plomo se encuentra de manera natural en el ambiente en pequeñas concentraciones, pero estas incrementan en lugares en donde se desarrollan actividades antropogénicas como es el uso en la agricultura, minería, industriales, petrolífera y otros áreas.

La presencia del plomo en la gasolina, representa un ciclo no natural de este elemento y al ser quemado en los procesos de combustión, esto va a generar sales de plomo (cloruros, bromuros, óxidos). El plomo en mayor rango de concentración normal ocasiona daños a la médula ósea. Otro de los lugares preferidos es el riñón concretamente en el sistema tubular de las nefronas.

Este elemento es conocido por su peligrosidad acumulándose en organismos individuales que a su vez son ingeridas a través de las cadenas alimenticias y no cumple ninguna función esencial en el cuerpo humano. (Hernandez, 2015, p.5).

El Plomo tiene efectos negativos en el ser humano como son: daño al cerebro, perturbación del sistema nervioso, incremento de la presión sanguínea, perturbación de la biosíntesis de hemoglobina y anemia, daño a los riñones, abortos, disminución de las habilidades de aprendizaje de los niños, perturbación en el comportamiento de los niños, como es agresión, comportamiento impulsivo e hipersensibilidad.

El Plomo puede entrar en el feto a través de la placenta de la madre. Debido a esto puede causar serios daños al sistema nervioso y al cerebro de los niños por nacer. (Olguín, 2012, p. 12).

## ➤ **Cobre**

El Cobre en el suelo es fuertemente atado a la materia orgánica y minerales, como resultado, este no viaja muy lejos antes de ser liberado y es difícil que entre en el agua subterránea.

En el agua superficial el cobre puede viajar largas distancias, tanto suspendido sobre las partículas de lodos como iones libres. En suelos ricos en Cobre sólo un número pequeño de plantas pueden vivir.

La influencia del cobre en los procesos de tierras agrícolas va a depender de la acidez del suelo y la presencia de materia orgánica.

La exposición al cobre a periodos largos puede irritar la nariz, la boca y los ojos y causar dolor de cabeza, de estómago, mareos, vómitos, diarreas, daño al hígado y los riñones e incluso la muerte. No sé a confirmado aún si el Cobre es cancerígeno. (Pazos, 2012, p. 4).

## ➤ **Zinc**

El Zinc puede interrumpir la actividad en los suelos, con influencias negativas en la actividad de microorganismos y lombrices. La descomposición de la materia orgánica es más lenta en suelo con alta presencia de zinc y también incrementar la acidez de las aguas.

Elevadas concentraciones de zinc puede causar problemas de salud, al ingerir las personas que están en estado de gestación, puede ocasionar un efecto negativo al feto y a los niños recién nacidos, que son transferidos a través de la sangre o la leche de sus madres.

Entre los efectos dañinos que causa el zinc tenemos: irritación de la piel, úlcera de estómago, vómitos, náuseas, anemia, dañar el páncreas y disturbar el metabolismo de las proteínas, y causar arterioesclerosis. (Torres, 2011, p.5).

## ➤ **Arsénico**

El arsénico es un elemento que no es fácil de convertir en otro producto soluble en agua o volátil, donde estas al entrar en el ambiente se esparcen por distintas vías produciendo contaminación en el agua y suelo. Estas en cantidades considerables en el ambiente, ocasionan efectos negativos en los seres vivos.

Al inhalar vapores o partículas que contengan este elemento, va a provocar efectos negativos como: irritación dermal y de las mucosas, lesiones en los sistemas nerviosos central y periférico.

Al ingerirlo por vía oral puede ocasionar problemas gastrointestinales (nauseas, diarrea, dolor abdominal), anemia, lesiones cutáneas, hiperpigmentación y lesiones en el hígado y riñones. El arsénico es considerado un elemento cancerígeno, que puede dar lugar a cánceres de pulmón, piel, hígado y vejiga. (Glynn, 1999, pp. 293-294).

### **2.2.10 Lodo residual**

Es el residuo generado después de dar un tratamiento al agua residual, sea este domestico municipal o industrial. El lodo no incluye las cenizas procedente de la incineración como tampoco las gravas y piedras generadas en el tratamiento (Avilés, 2011, p. 35).

Las características de los lodos varían dependiendo de su origen, edad, y el tipo del proceso del que provienen, considerando que dentro de la planta de tratamiento la cantidad de lodo producido es variable que a su vez depende del proceso de tratamiento. (Lenntech, 2008, p. 2).

### **2.2.11      *Reino Fungi***

El reino fungi presenta ciertas características similares a los reinos animalae y plantae, pero fue separado de estos dos reinos debido a que presentan algunos aspectos diferentes con los seres vivos. Presenta una gran variedad de especies en su forma, tamaño y colores.

Las distintas formas de los hongos están representadas por algo en común, ya que estas se encuentran constituidas por el micelio el cual está conformada por largas extensiones conocidas como hifas. El micelio es el encargado de la producción de esporas para su proliferación en el ambiente. (Oñate, 2011, p. 87) .

Los hongos están ampliamente distribuidos y se encuentran donde quiera que haya humedad. Tienen gran importancia para los seres humanos, tanto en términos de beneficios como prejuicios. Al igual que algunas bacterias, los hongos digieren materia orgánica insoluble secretando exoenzimas y absorbiendo después los nutrientes solubilizados. (Prescott, 2004, p. 595).

El potencial de los hongos para la descomposición de varios contaminantes en suelos estériles y no estériles está siendo bien documentado. De hecho, se consideran muy prometedores en su aplicación como biorremediadores de suelos contaminados.

Muchas de las tecnologías para remediación de suelos contaminados incluyen no solo tratamientos físicos y químicos, pero también biorremediación de contaminantes por actividad microbiana.

Los hongos tienen muchas ventajas que facilitan el estudio de su uso en la biorremediación, por ejemplo: los hongos están presentes en sedimentos acuáticos y en hábitats terrestres, además poseen ventaja sobre las bacterias por el hecho de que sus hifas pueden penetrar el suelo contaminado y producir enzimas extracelulares que degradan los contaminantes. (Contreras, 2011, pp. 1-3).



### 2.2.12 *Nutrición y metabolismo de los hongos*

El hongo por su naturaleza tiende a crecer en sitios oscuros y húmedos, donde su fuente de energía son lugares que contengan gran cantidad de materia orgánica.

La mayoría son saprofitos que obtienen su alimento de materia orgánica muerta. Estos hongos liberan exoenzimas hidrolíticas que digieren sustratos externos, para luego absorber los productos solubles según su requerimiento.

Son quimioorganoheterotrofos y emplean compuestos orgánicos como fuente de carbono, electrones y energía. (Prescott, 2004, p. 596).

**Tabla 2:6 Principales características de las clases de hongos.**

Característica	CLASES			
	Phycomycetes	Ascomycetes	Basidiomycetes	Deuteromycetes (Fungi Imperfecti)
Micelio	No septado o cenocítico	Septado	Septado	Septado
Esporas asexuales	Esporangiosporas; ocasionalmente conidios	Conidios	Conidios	Conidios
Esporas sexuales	Zigosporas, oosporas	Ascosporas	Basidiosporas	Desconocidas
Hábitad natural	Agua, suelo, animales	Suelo, vegetales, animales	Suelo, vegetales	Suelo, vegetales, animales

Fuente: (Pelczar, 1984, p. 143).

Realizado por: BAYAS, Freddy.; LÓPEZ, Andrés, 2016.

### **2.2.13      *Aplicaciones de hongos en tratamientos de biodescontaminación.***

La utilización de hongos para procesos de biorremediación en la actualidad ha tenido un alto grado de eficiencia para la degradación de compuestos tóxicos persistentes.

Su eficacia está dada en la capacidad que tienen los hongos para segregar enzimas extracelulares (LiP, MnP, y Lacasa) en las que catalizar reacciones para la mineralización de la lignina.

Según los últimos estudios estas enzimas tienen un alto potencial para degradar PAHs, plaguicidas, fenoles clorados, y otros compuestos tóxicos. (Paredes, 2011, p. 13).

Los procesos de biorremediación a lo largo de los años se han enfocado en la descontaminación con bacterias por su facilidad de estudiar sus actividades metabólicas que estas realizan, y permiten llevar a cabo la degradación de ciertos contaminantes específicos.

Mientras los hongos logran la transformación de muchos contaminantes en compuestos más simples como el CO<sub>2</sub> y H<sub>2</sub>O, por lo que en la actualidad es indiscutible su utilización en tratamientos de remediación que se ejecuta. (Chuquín, 2012, p. 27).

Los hongos tiene la capacidad de almacenar metales pesados, además de poder colonizar diferentes tipos de sustratos en su etapa de desarrollo a través del micelio, que les permite acceder a los contaminantes que se encuentran en el suelo y gracias a su sistema enzimático, estos los transforman en compuestos menos peligrosos para el ambiente. (Cárdenas, 2014, p. 2).

#### 2.2.14 *Hongo Pleurotus ostreatus.*

Nombre Científico: *Pleurotus spp.*

Subreino: Fungi superior.

Superdivisión: Basidiomycotera.

División: Basidiomycota.

Superclase: Homobasidiomycia.

Clase: Himenomycetes.

Orden: Agaricales.

Familia: Pleurotaceae.

Género: *Pleurotus*.

Especie: *ostreatus*.



Fotografía 2:1 Hongo *Pleurotus ostreatus*  
Fuente: (Fuentes, 2009, p. 1)

Es un hongo lignícola saprófito, conocido con el nombre común de hongo ostra. Es fundamental que el hongo que se va a cultivar se identifique correctamente desde el punto de vista taxonómico, ya que de ello dependerán las técnicas que se utilizarán en el cultivo. (Varnero, 2010, p. 8).

Gracias al sistema enzimático que poseen estos hongos, son capaces de romper diferentes tipos de enlaces y por ende, son capaces de degradar varios compuestos orgánicos.

El hongo *Pleurotus spp.* es considerado uno de los microorganismos más eficaces en la utilización para estos fines. Dentro de las enzimas constituyentes del complejo multienzimático ligninolítico de *Pleurotus spp.* se encuentra la lacasa.

Las enzimas lacasas catalizan la oxidación, polimerización, depolimerización, metilación y/o dimetilación de compuestos fenólicos. (Fernández, 2013, p. 164).

### 2.2.15 *Hongo Trichoderma harzanium.*

Reino: Fungi

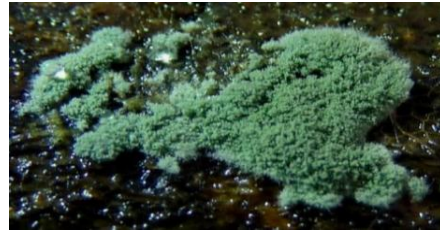
Filium: Ascomicetes

Orden: Eurotiales

Familia: Hipocreacea

Género: *Trichoderma*

Especie: *Trichoderma harzanium*



Fotografía 2:2 Hongo *Trichoderma harzanium*  
Fuente: (Slowinski, 2013, p. 1)

Es un hongo filamentoso que se adapta en lugares en donde los nutrientes que estos necesitan son escasos, lo que genera una alta competencia con otros organismos. Este hongo posee una gama extraordinaria de enzimas hidrolíticas y quitinolíticas lo que le permite interactuar con los microorganismos y plantas, ya sea como parásito o de forma simbiótica. (Cárdenas, 2014, p. 2).

Se caracterizan por ser especies que viven de manera libre en ecosistemas terrestres y acuáticos de manera oportunista, simbiótica o microparásitas.

Para un adecuado crecimiento de este hongo, es necesaria la presencia de materia orgánica y condiciones ópticas de temperatura (25 a 30 °C) y humedad y gracias a su capacidad reproductiva pueden establecerse en cualquier ambiente, aunque se pueden adaptar y sobrevivir en condiciones extremas de temperatura, pH y salinidad. (Cañizares, 2011, p. 135).

### 2.2.16 *Las condiciones físico - químicas de los sustratos.*

Los sustratos son utilizados como fuente de alimento para los organismos descomponedores, por lo tanto, para que los hongos puedan cumplir con el crecimiento, regulación y reproducción, se debe contar con una cantidad de nutrientes adecuada para permitir estas funciones. (Donado, 2014, p. 25).

➤ **Composición de la cascara de cacao.**

El cacao (*Theobroma cacao*) tiene su origen en la cuenca alta del río Amazonas, en un triángulo formado entre Colombia, Ecuador y Perú, tuvo su apogeo cultural con los aztecas en Centroamérica y posteriormente fue llevado a Europa donde finalmente se masificó su consumo.

Es considerado como el fruto de los dioses porque posee muchas características, es energético, antioxidante, rico en vitaminas y minerales.

En la siguiente tabla, se observa los nutrientes que posee la cascara de cacao y la manera en la que están distribuidos con un 7.05 % de carbohidratos y un 5.45 % de fibra, como elementos de mayor contenido. (Aristizabal, 2014, p.20).

**Tabla 2:7      Composición química de la cascara de cacao**

<b>Composición química de la cascara de cacao.</b>	
<b>Componente</b>	<b>%p/p</b>
Humedad	85
Proteínas	1.07
Minerales	1.41
Fibra	5.45
Carbohidratos	7.05
N	0.171
P	0.026
K	0.545
Pectinas	0.89

Fuente: (Aristizabal, 2014, p. 20).

Realizado por: BAYAS, Freddy.; LÓPEZ, Andrés, 2016.



## **Olote o Tusa de maíz**

En Ecuador el maíz es utilizado mayoritariamente en la industria procesadora de alimentos balanceados para alimentar aves y ganadería. Se estima que esta industria absorbe la casi totalidad de producción comercializada; una pequeña cantidad sirve para el autoconsumo.

La tusa de mazorca en la producción de tusa maíz amarillo, se estima que por tonelada de maíz que se produce en un cultivo, 700 Kg son tusa de maíz en peso fresco, esto indicaría que aproximadamente el 70% del cultivo de maíz son residuos agroindustriales en forma de tusa. (Hurtado, 2011, p. 30).

**Tabla 2:8 Composición química de la tusa de maíz.**

<b>Composición</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>
Materia seca	%	88,00
Proteína	%	5,80
lisina	%	0,18
Fibra	%	2,90
Grasa	%	3,00
Ceniza	%	1,50
Calcio	%	0,04

Fuente: (Hurtado, 2011, pág. 30)

Realizado por: BAYAS, Freddy.; LÓPEZ, Andrés, 2016.

## CAPÍTULO 3

### 3 METODOLOGÍA.

#### 3.1 Hipótesis y especificación de las variables.

##### 3.1.1 *Hipótesis.*

##### 3.1.1.1 *Hipótesis General.*

Hi: La efectividad de remoción de metales pesados (Cu, Pb, Zn, As) de los lodos residuales de lixiviación del hongo *Pleurotus ostreatus* difiere del hongo *Trichoderma harzianum*.

##### 3.1.1.2 *Hipótesis Específicas.*

- La caracterización de los parámetros químicos, físicos y microbiológicos del lodo residual indican su potencial peligrosidad.
- Es posible reproducir *Pleurotus ostreatus* y *Trichoderma harzianum* en el lodo procedente de la piscina de lixiviados.
- La concentración de metales pesados en el periodo de crecimiento y maduración de los hongos disminuye en función del tiempo.
- Los parámetros físico, químico y microbiológico de los lodos residuales tratados cumplen con los límites permisibles estipulados en la normativa ambiental vigente.
- Se puede definir el organismo más eficiente para la disminución de los metales monitoreados.

## **3.2 Tipo y diseño de investigación.**

### **3.2.1 Tipo.**

Proyecto experimental. El tipo de investigación es de carácter experimental debido a la interpretación de los efectos causales de las variables independientes sobre la o las variables dependientes.

### **3.2.2 Diseño de experimento.**

El Diseño aplicado para el tratamiento es el DISEÑO BIFACTORIAL COMPLETAMENTE AL AZAR.

### **➤ Nomenclatura tutorial para el Tratamiento.**

**TC:** Tratamiento de control

**T1.** Tratamiento de lodo deshidratado con *Trichoderma harzianum*.

**T2:** Tratamiento de lodo deshidratado con *Pleurotus ostreatus*.

**C1:** Proporción del sustrato en 60% cacao-40% olote.

**C2:** Proporción del sustrato en 40% cacao-60% olote.

**r<sub>1</sub>** : Repetición uno.

**r<sub>2</sub>** : Repetición dos.

**r<sub>3</sub>**: Repetición tres.



**Tabla 3:1 Nomenclatura**

Nomenclatura guía establecida	Nomenclatura guía establecida para repeticiones	Nomenclatura en Análisis de laboratorio
<b>T1TC</b>	<b>(T1TC)</b>	T1Control- <i>Trichoderma harzianum</i>
<b>T1C1</b>	<b>(T1C1)<sub>r1</sub></b>	T1.1 Lodo+ <i>Trichoderma harzianum</i> +60c-40o
	<b>(T1C1)<sub>r2</sub></b>	T1.2 Lodo+ <i>Trichoderma harzianum</i> +60c-40o
	<b>(T1C1)<sub>r3</sub></b>	T1.3 Lodo+ <i>Trichoderma harzianum</i> +60c-40o
<b>T1C2</b>	<b>(T1C2)<sub>r1</sub></b>	T1.1 Lodo+ <i>Trichoderma harzianum</i> +40c-60o
	<b>(T1C2)<sub>r2</sub></b>	T1.2 Lodo+ <i>Trichoderma harzianum</i> +40c-60o
	<b>(T1C2)<sub>r3</sub></b>	T1.3 Lodo+ <i>Trichoderma harzianum</i> +40c-60o
<b>T2TC</b>	<b>(T2TC)</b>	T2 Control- <i>Pleurotus ostreatus</i>
<b>T2C1</b>	<b>(T2C1)<sub>r1</sub></b>	T2.1 Lodo + <i>Pleurotus ostreatus</i> +60c-40o
	<b>(T2C1)<sub>r2</sub></b>	T2.2 Lodo + <i>Pleurotus ostreatus</i> +60c-40o
	<b>(T2C1)<sub>r3</sub></b>	T2.3 Lodo + <i>Pleurotus ostreatus</i> +60c-40o
<b>T2C2</b>	<b>(T2C2)<sub>r1</sub></b>	T2.1 Lodo + <i>Pleurotus ostreatus</i> +40c-60o
	<b>(T2C2)<sub>r2</sub></b>	T2.2 Lodo + <i>Pleurotus ostreatus</i> +40c-60o
	<b>(T2C2)<sub>r3</sub></b>	T2.3 Lodo + <i>Pleurotus ostreatus</i> +40c-60o

Realizado por: BAYAS, Freddy.; LÓPEZ, Andrés, 2016.

➤ **Esquema del diseño experimental.**

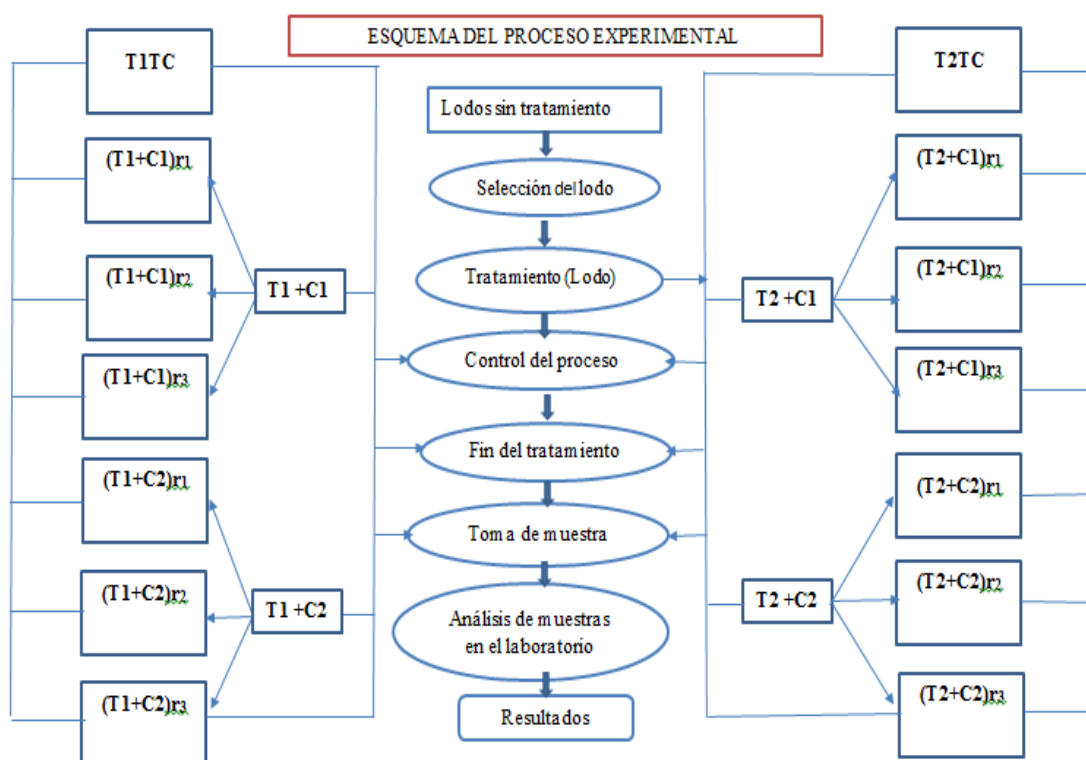


Gráfico 3:1 Esquema del proceso

Realizado por: BAYAS, Freddy.; LÓPEZ, Andrés, 2016.

### **3.3 Unidad de análisis.**

Nuestra unidad de análisis de interés para la ejecución del trabajo experimental se centraliza en cuatro parámetros de los metales:

- Cobre.
- Plomo.
- Arsénico.
- Zinc.

Parámetros adicionales como componentes de control en el proceso experimental.

- Materia Orgánica (DBO).
- °T.
- pH.
- Humedad.

### **3.4 Población de estudio.**

La parte involucrada está comprendida dentro del Relleno Sanitario (Piscina), lugar donde se desarrolla el proceso de tratamiento de lixiviados, generando lodo residual que es de nuestro interés en proceso experimental efectuado.

#### **➤ Lugar.**

El relleno Sanitario ubicado en la Provincia de Sucumbíos, Cantón Lago Agrio Vía al Coca km 2 ½, área donde se desarrolla la deposición final de los residuos generados en el Cantón y sus alrededores.



Gráfico 3:2 ubicación del relleno sanitario.  
Fuente: (EARTH, 2016).

### **3.5 Tamaño de muestra.**

La cantidad de lodo seco es de 70 kg, donde se repartirá 5kg en cada celda de los dos tratamientos con cada repetición y dos de control.

### **3.6 Selección de muestra.**

Mediante la bomba a presión se homogenizo lodo residual presente en la piscina y extracción de muestra compuesta.

### **3.7 Técnicas de recolección de datos.**

En primera instancia se procedió a la búsqueda y selección de información relevante como sustento del proyecto y de los procesos a aplicarse en la metodología, la búsqueda incluyó: libros, tesis, artículos científicos, revistas, páginas de internet y otras investigaciones.

Para la determinación y caracterización de las condiciones iniciales del lodo lixiviado se utilizaron los métodos oficiales recomendadas Estándar Methods (EPA). (Silvia, 2011, p. 11).

**Tabla 3:2 Método de recolección**

<b>Ítem</b>	<b>Parámetro</b>	<b>Unidad</b>	<b>Método/Norma Referencia</b>
1	Potencial hidrogeno	~	EPA 9045 C
2	Materia Orgánica (DBO <sub>5</sub> )	mg/L	SM 5210 B
3	Cobre	mg/Kg	EPA 3050 B; SM 3030 B, 3111 B
4	Plomo	mg/Kg	EPA 3050 B; SM 3030 B, 3111 B
5	Zinc	mg/Kg	EPA 3050 B; SM 3030 B, 3111 B
6	Arsénico	mg/Kg	EPA 3050 B; SM 3030 B, 3111 B
7	Coliformes Fecales	Col/100	SM 9222 D

Fuente: Estándar Methods, EPA

Realizado por: BAYAS, Freddy.; LÓPEZ, Andrés, 2016.

### 3.8 Parte experimental.

#### 3.8.1 *Materiales, equipos y reactivos.*

**Tabla 3:3 Materiales equipos y reactivos.**

MATERIALES, EQUIPOS Y REACTIVOS	
Masificación de hongos	
Trigo	Cámara de flujo laminar
Balde de 10 litros	Esterilizador
Cinta masque	Incubadora
Papel Aluminio	Peachímetro
Botellas de vidrio de 450 g	Agar Saboraud
Bandeja de plástico	Bernomyl al 0,02 %
Cajas Petri	Alcohol
Armado de celdas y cajón de madera	
Martillo	Amoladora
Clavos	Disco de corte de madera
Madera	
Inicio del proceso de tratamiento	
Geomembrana	Bomba de presión
Balde	Retroexcavadora
Regadera de agua	Estufa
	Sustratos A y B
	Balanza
	Peachímetro

Fuente: Procesos Experimental de Biorremediación  
Realizado por: BAYAS, Freddy.; LÓPEZ, Andrés, 2016.

### **3.9 Procedimiento.**

#### **3.9.1 Masificación de hongos.**

Obtención de las cepas microbianas *Pleurotus ostreatus* y *Trichoderma harzianum*.

##### ➤ ***Pleurotus ostreatus.***

Obtención del micelio de la *Pleurotus ostreatus* del laboratorio de Biotecnología de la Facultad de Ciencias.

Preparación del sustrato para la masificación de los hongos.

- Limpieza del grano para eliminar cualquier partícula ajena.
- Lavar previamente para eliminar cualquier impureza con abundante agua.
- Sumergir en agua fría durante 24 horas a temperatura ambiente con la finalidad de alcanzar el 80% de humedad.
- Escurrir para eliminar exceso de agua, el pH este en rango de 6.02
- Colocar los granos de trigo en una solución de Bernomyl al 0,02 %
- El grano húmedo colocar en frascos de boca ancha hasta las tres cuartas partes del envase de unos 380g aproximadamente.
- Esterilizar a 121 °C durante 45 min.
- Una vez frío los frascos agitar para separar los granos y permitir la aireación e hidratación homogénea.

En la cámara de flujo laminar introducir cuadros de agar de 1 cm<sup>2</sup> por frasco con micelio de *Pleurotus ostreatus*.

Incubar a temperatura de 28-30 °C en un armario o incubadora hasta la invasión completa del micelio en el grano.

Control y verificación del proceso de crecimiento de los hongos en la incubadora.

➤ ***Trichoderma harzianum.***

Obtención de la *Trichoderma harzianum* del Laboratorios de Suelos en la Facultad de Ciencias Pecuarias.

Preparación del sustrato para la masificación de los hongos.

- Limpieza del grano para eliminar cualquier partícula ajena.
- Lavar previamente para eliminar cualquier impureza con abundante agua.
- Sumergir en agua fría durante 24 horas a temperatura ambiente con la finalidad de alcanzar el 80% de humedad.
- Escurrir para eliminar exceso de agua, el pH este en rango de 6.02
- Colocar los granos de trigo en una solución de Bernomyl al 0,02 %
- El grano húmedo colocar en frascos de boca ancha hasta las tres cuartas partes del envase de unos 380g aproximadamente.
- Esterilizar a 121 °C durante 45 min.
- Una vez frio los frascos agitar para separar los granos y permitir la aireación e hidratación homogénea y colocar en la bandeja de reproducción previamente esterilizado.

En la cámara de flujo laminar mediante la técnica Disco Agar introducir las cepas de la *Trichoderma harzianum* en la bandeja con trigo y en 6 cajas Petri con medio de cultivo Saboraud.

Incubar a temperatura de 28-30 °C en un armario o incubadora hasta la invasión completa del hongo.

Control y verificación del proceso de crecimiento de los hongos en la incubadora.

### **3.9.2        *Construcción de las celdas para el tratamiento y deshidratación del lodo.***

#### **➤        Celdas de Tratamiento.**

- Corte de madera de 60 cm de largo \* 30 cm de ancho \* 25 cm de alto.
- Armado de 14 celdas de madera para el tratamiento.
- Etiquetado de las celdas

#### **➤        Cajón de deshidratación.**

Corte y armado del cajón de 1 metro de largo \* 1 metro de ancho \* ½ metro de alto.

### **3.9.3        *Deshidratación del lodo residual del relleno sanitario.***

- ✓ Homogenización del lodo residual mediante bomba de presión.
- ✓ Extracción del lodo residual al cajón de madera.
- ✓ Transporte del lodo en un 60 % deshidratado en tanque hasta la zona de secado con geomembrana.
- ✓ Deshidratación del lodo en lona de geomembrana al ambiente natural por 4 días.
- ✓ Pesado del lodo seco de cinco kilogramos por 14 veces para el tratamiento a realizar.
- ✓ Poner el lodo seco en las catorce celdas diseñadas.



### **3.9.4      *Preparado del sustrato.***

#### **➤            Cacao.**

- ✓ Obtención del residuo del cacao
- ✓ Esterilización del cacao
- ✓ Pesar dos kilogramos de cacao repetido por 6 veces.
- ✓ Separar los dos kilogramos en proporciones del 60% (1.2 kilogramos) y 40 % (0,8 kilogramos) en concentración para cada repetición.
- ✓ Obtención de 6 repeticiones al 60% y 6 repeticiones del 40%.

#### **➤            Olote o Tusa de maíz.**

- ✓ Obtención de la tusa
- ✓ Esterilización de la tusa
- ✓ Pesar dos kilogramos de tusa repetida por 6 veces.
- ✓ Separar los dos kilogramos en proporciones del 60% (1.2 kilogramos) y 40 % (0,8 kilogramos) en concentración para cada repetición.
- ✓ Obtención de 6 repeticiones al 60% y 6 repeticiones del 40%.

### **3.9.5      *Mezcla de los sustratos (nutritivos).***

#### **➤            Proporción 1 (C1).**

Mezclar por cada repeticiones del 60% de cacao con cada repetición del olote al 40%.  
Obtención de la concentración uno (60% cacao+40% de olote).

➤ **Proporción 2 (C2).**

Mezclar por cada repeticiones del 40% de cacao con cada repetición del olote al 60%.  
Obtención de la concentración dos (40% cacao+60% de olote).

**3.9.6 Inicio del Tratamiento.**

➤ **Tratamiento con *Trichoderma harzianum*.**

Unión del lodo más *Trichoderma harzianum* más concentración uno (C1) repetida por tres veces.

Unión del lodo más *Trichoderma harzianum* más concentración dos (C2) repetida por tres veces.

➤ **Tratamiento con *Pleurotus ostreatus*.**

Unión del lodo más *Pleurotus ostreatus* más concentración uno (C1) repetida por tres veces.

Unión del lodo más *Pleurotus ostreatus* más concentración dos (C2) repetida por tres veces.

**3.9.7 Control del tratamiento.**

Para un adecuado tratamiento se efectúa el control de Temperatura, pH y Humedad como parámetros para mantener las condiciones óptimas para un desarrollo eficiente del proceso experimental.

➤ **Temperatura.**

El control de la temperatura se registra cada dos días.

Se obtiene a través del equipo Peachímetro, ya que en este equipo viene incorporado para la medición de la temperatura.

➤ **PH.**

El parámetro se mide a través del Peachímetro proporcionado por el Municipio de Lago Agrio.

➤ **Humedad.**

Al inicio del tratamiento se realizó un ensayo, para determinar la cantidad de agua impregnada en el lodo seco representa el 70-80% de humedad.

Lo cual se determinó mediante el pesado del suelo húmedo para luego secar y pesarlo nuevamente.

**Tabla 3:4                      Ensayo en la determinación de la humedad.**

Nº	Peso aluminio	Unidad	ph	Unidad	pf	Unidad
<b>PORCENTAJE DE HUMEDAD</b>						
Ensayo primer día						
1	0.4491	g	28.2863	g	15.9172	g
2	0.5734	g	27.6274	g	15.7995	g
3	0.3999	g	28,2005	g	15,6951	g
4	0,4046	g	28,0465	g	15,5378	
Determinación de humedad disminuida						
Ensayo después de 2 días						
1	0,3904	g	26,0032	g	17,0103	g
2	0.3807	g	25.8424	g	17.9392	g
3	0,3822	g	25.0021	g	17.3422	g
4	0,4002	g	24,9435	g	17,8932	g

Fuente: Ensayos en el Laboratorio del relleno sanitario  
Realizado por: BAYAS, Freddy.; LÓPEZ, Andrés, 2016.

#### **Calculo del porcentaje de humedad. (J., 2007)**

$$H = \frac{ph - ps}{ps} * 100$$

#### **Dónde:**

H: porcentaje de humedad

ph: peso del suelo húmedo

ps: peso del suelo seco

Donde la cantidad de agua (1,3 L ± 0,1) representa el 70%-80% de humedad en 5 kilogramos de suelo.

El ensayo realizado después de dos días fue para determinar la cantidad de humedad disminuida en cada celda con respecto a la humedad inicial 33% (0,5 L) para volver a introducir en las celdas de tratamientos cada dos o tres días durante el tiempo del tratamiento.

## CAPITULO 4

### 4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

#### 4.1 Resultados.

**Tabla 4:1** resultados iniciales.

Caracterización Inicial del Lodo Residual				Criterio de Calidad de Suelo Límite Máximo	Observación
Análisis Solicitado	Unidad	Valores	Método/Norma Referencia		
Potencial hidrogeno	~	8,32	EPA 9045 C	6-8	Fuera de Norma
Cobre	mg/Kg	116,00	EPA 3050 B; SM 3030 B, 3111 B	30	Fuera de Norma
Plomo	mg/Kg	260,00	EPA 3050 B; SM 3030 B, 3111 B	25	Fuera de Norma
Zinc	mg/Kg	240,50	EPA 3050 B; SM 3030 B, 3111 B	60	Fuera de Norma
Arsénico	mg/Kg	<0,25	EPA 3050 B; SM 3030 B, 3111 B	5	Dentro de Norma

**Fuente:** Tomado de los análisis de laboratorio de los elementos analizados

**Realizado por:** BAYAS, Freddy.; LÓPEZ, Andrés, 2016.

## COBRE.

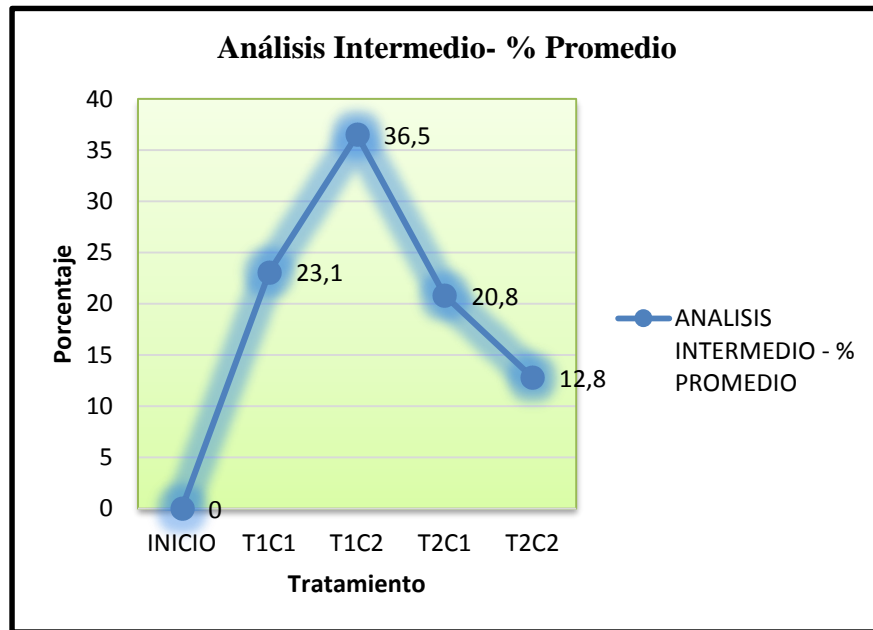
**Tabla 4:2**      **Análisis intermedio y final del cobre con los dos hongos**

ANALISIS INTERMEDIO				ANALISIS FINAL			
Nomenclatura general	Nomenclatura por repetición	Concentración intermedio (mg/kg)	Porcentaje reducido (%)	Nomenclatura general	Nomenclatura por repetición	Concentración intermedio (mg/kg)	Porcentaje reducido (%)
<b>T1TC</b>	<b>(T1TC)</b>	113	2,6	<b>T1TC</b>	<b>(T1TC)</b>	110	5,2
<b>T1C1</b>	<b>(T1C1)<sub>r1</sub></b>	91	21,6	<b>T1C1</b>	<b>(T1C1)<sub>r1</sub></b>	69	40,5
	<b>(T1C1)<sub>r2</sub></b>	88,5	23,7		<b>(T1C1)<sub>r2</sub></b>	69	40,5
	<b>(T1C1)<sub>r3</sub></b>	88	24,1		<b>(T1C1)<sub>r3</sub></b>	66	43,1
<b>T1C2</b>	<b>(T1C2)<sub>r1</sub></b>	69	40,5	<b>T1C2</b>	<b>(T1C2)<sub>r1</sub></b>	50	56,9
	<b>(T1C2)<sub>r2</sub></b>	78,5	32,3		<b>(T1C2)<sub>r2</sub></b>	58	50,0
	<b>(T1C2)<sub>r3</sub></b>	73,5	36,6		<b>(T1C2)<sub>r3</sub></b>	53	54,3
<b>T2TC</b>	<b>(T2TC)</b>	114,5	1,3	<b>T2TC</b>	<b>(T2TC)</b>	113	2,6
<b>T2C1</b>	<b>(T2C1)<sub>r1</sub></b>	93	19,8	<b>T2C1</b>	<b>(T2C1)<sub>r1</sub></b>	65	44,0
	<b>(T2C1)<sub>r2</sub></b>	93	19,8		<b>(T2C1)<sub>r2</sub></b>	60	48,3
	<b>(T2C1)<sub>r3</sub></b>	89,5	22,8		<b>(T2C1)<sub>r3</sub></b>	62	46,6
<b>T2C2</b>	<b>(T2C2)<sub>r1</sub></b>	98	15,5	<b>T2C2</b>	<b>(T2C2)<sub>r1</sub></b>	67	42,2
	<b>(T2C2)<sub>r2</sub></b>	102	12,1		<b>(T2C2)<sub>r2</sub></b>	73	37,1
	<b>(T2C2)<sub>r3</sub></b>	103,6	10,7		<b>(T2C2)<sub>r3</sub></b>	77	33,6

**Fuente:** Tomado de los análisis de laboratorio de los elementos analizados

**Realizado por:** Freddy Bayas

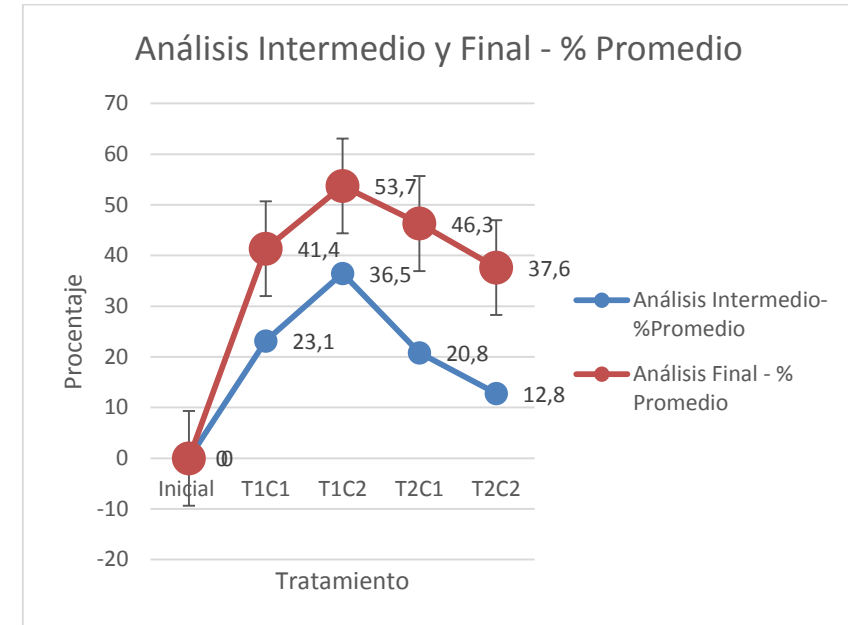
**Gráfico 4:1** Gráfica del análisis intermedio del cobre.



**Fuente:** Graficas en Excel

**Realizado por:** BAYAS, Freddy.; LÓPEZ, Andrés, 2016.

**Gráfico 4:2** Gráfica del análisis intermedio y final del cobre



**Fuente:** Graficas en Excel

**Realizado por:** BAYAS, Freddy.; LÓPEZ, Andrés, 2016.

## PLOMO.

**Tabla 4:3**      **Análisis intermedio y final del plomo con los dos hongos**

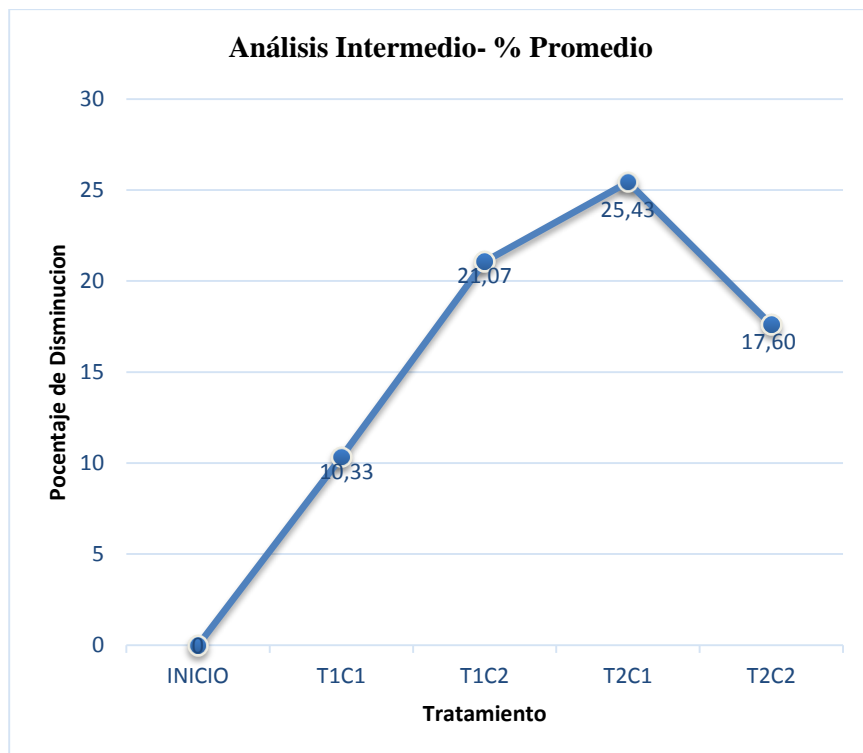
ANALISIS INTERMEDIO				ANALISIS FINAL			
Nomenclatura general	Nomenclatura por repetición	Concentración intermedio (mg/kg)	Porcentaje reducido (%)	Nomenclatura general	Nomenclatura por repetición	Concentración intermedio (mg/kg)	Porcentaje reducido (%)
<b>T1TC</b>	<b>(T1TC)</b>	257,5	1,0	<b>T1TC</b>	<b>(T1TC)</b>	249,5	4,0
<b>T1C1</b>	<b>(T1C1)r<sub>1</sub></b>	232,0	10,8	<b>T1C1</b>	<b>(T1C1)r<sub>1</sub></b>	160,0	38,5
	<b>(T1C1)r<sub>2</sub></b>	236,5	9,0		<b>(T1C1)r<sub>2</sub></b>	170,0	34,6
	<b>(T1C1)r<sub>3</sub></b>	231,0	11,2		<b>(T1C1)r<sub>3</sub></b>	171,0	34,2
<b>T1C2</b>	<b>(T1C2)r<sub>1</sub></b>	204,0	21,5	<b>T1C2</b>	<b>(T1C2)r<sub>1</sub></b>	155,0	40,4
	<b>(T1C2)r<sub>2</sub></b>	208,5	19,8		<b>(T1C2)r<sub>2</sub></b>	166,0	36,2
	<b>(T1C2)r<sub>3</sub></b>	203,0	21,9		<b>(T1C2)r<sub>3</sub></b>	156,0	40,0
<b>T2TC</b>	<b>(T2TC)</b>	255,5	1,7	<b>T2TC</b>	<b>(T2TC)</b>	250,5	3,7
<b>T2C1</b>	<b>(T2C1)r<sub>1</sub></b>	197,0	24,2	<b>T2C1</b>	<b>(T2C1)r<sub>1</sub></b>	149,0	42,7
	<b>(T2C1)r<sub>2</sub></b>	195,5	24,8		<b>(T2C1)r<sub>2</sub></b>	152,0	41,5
	<b>(T2C1)r<sub>3</sub></b>	189,0	27,3		<b>(T2C1)r<sub>3</sub></b>	143,0	45,0
<b>T2C2</b>	<b>(T2C2)r<sub>1</sub></b>	209,0	19,6	<b>T2C2</b>	<b>(T2C2)r<sub>1</sub></b>	152,0	41,5
	<b>(T2C2)r<sub>2</sub></b>	218,7	15,9		<b>(T2C2)r<sub>2</sub></b>	159,0	38,8
	<b>(T2C2)r<sub>3</sub></b>	215,1	17,3		<b>(T2C2)r<sub>3</sub></b>	161,0	38,1

**Fuente:** Tomado de los análisis de laboratorio de los elementos analizados

**Realizado por:** BAYAS, Freddy.; LÓPEZ, Andrés, 2016.



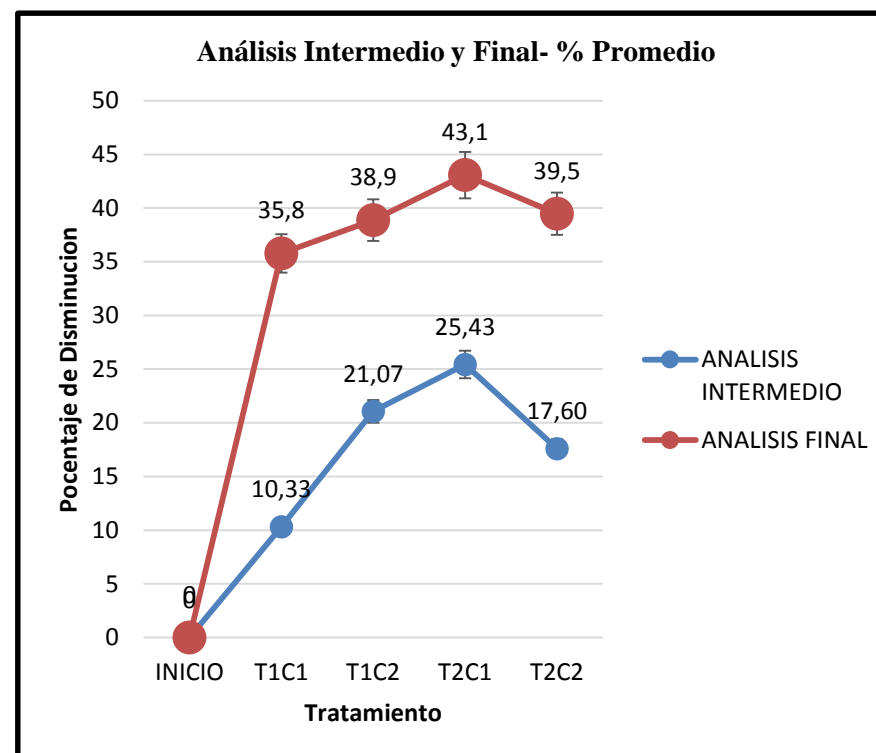
**Gráfico 4:3** Gráfica del análisis intermedio del plomo



Fuente: Graficas en Excel

Realizado por: BAYAS, Freddy.; LÓPEZ, Andrés, 2016.

**Gráfico 4:4** Gráfica del análisis intermedio y final del plomo



Fuente: Graficas en Excel

Realizado por: BAYAS, Freddy.; LÓPEZ, Andrés, 2016.

## ZINC.

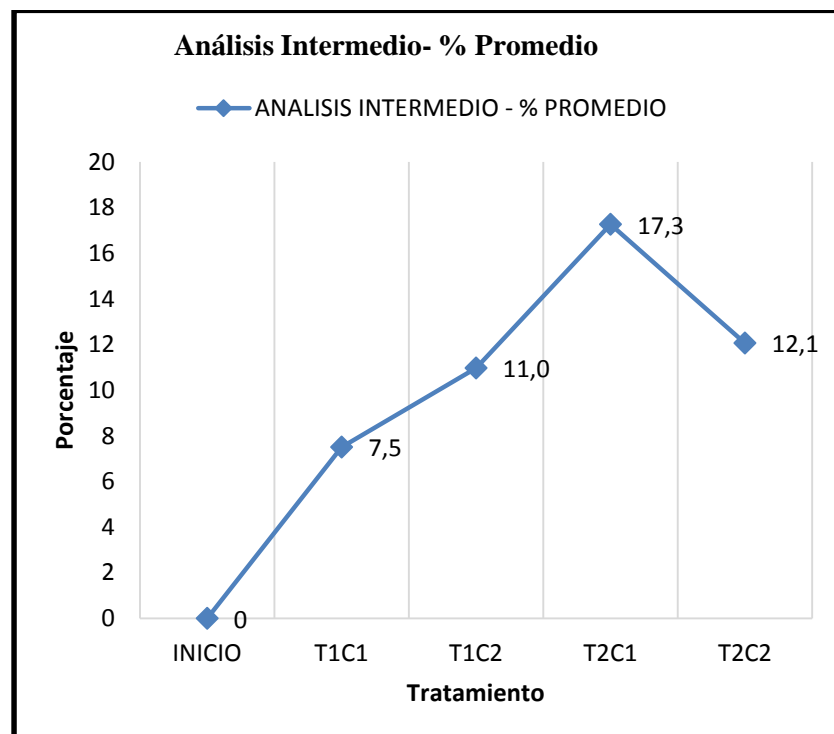
**Tabla 4:4**      **Análisis intermedio y final del zinc con los dos hongos**

ANALISIS INTERMEDIO				ANALISIS FINAL			
Nomenclatura general	Nomenclatura por repetición	Concentración intermedio (mg/kg)	Porcentaje reducido (%)	Nomenclatura general	Nomenclatura por repetición	Concentración intermedio (mg/kg)	Porcentaje reducido (%)
T1TC	(T1TC)	236	1,9	T1TC	(T1TC)	231	4,0
T1C1	(T1C1)r <sub>1</sub>	222,5	7,5	T1C1	(T1C1)r <sub>1</sub>	180,5	24,9
	(T1C1)r <sub>2</sub>	216,5	10,0		(T1C1)r <sub>2</sub>	173,5	27,9
	(T1C1)r <sub>3</sub>	228,5	5,0		(T1C1)r <sub>3</sub>	187,5	22,0
T1C2	(T1C2)r <sub>1</sub>	215,5	10,4	T1C2	(T1C2)r <sub>1</sub>	158,5	34,1
	(T1C2)r <sub>2</sub>	209,5	12,9		(T1C2)r <sub>2</sub>	155,5	35,3
	(T1C2)r <sub>3</sub>	217,5	9,6		(T1C2)r <sub>3</sub>	165,5	31,2
T2TC	(T2TC)	237,0	1,5	T2TC	(T2TC)	233,0	3,1
T2C1	(T2C1)r <sub>1</sub>	207,0	13,9	T2C1	(T2C1)r <sub>1</sub>	169,5	29,5
	(T2C1)r <sub>2</sub>	199,0	17,3		(T2C1)r <sub>2</sub>	165,5	31,2
	(T2C1)r <sub>3</sub>	191,0	20,6		(T2C1)r <sub>3</sub>	162,5	32,4
T2C2	(T2C2)r <sub>1</sub>	200,7	16,5	T2C2	(T2C2)r <sub>1</sub>	160,5	33,3
	(T2C2)r <sub>2</sub>	216,8	9,9		(T2C2)r <sub>2</sub>	164,5	31,6
	(T2C2)r <sub>3</sub>	217,0	9,8		(T2C2)r <sub>3</sub>	171,5	28,7

**Fuente:** Tomado de los análisis de laboratorio de los elementos analizados

**Realizado por:** BAYAS, Freddy.; LÓPEZ, Andrés, 2016.

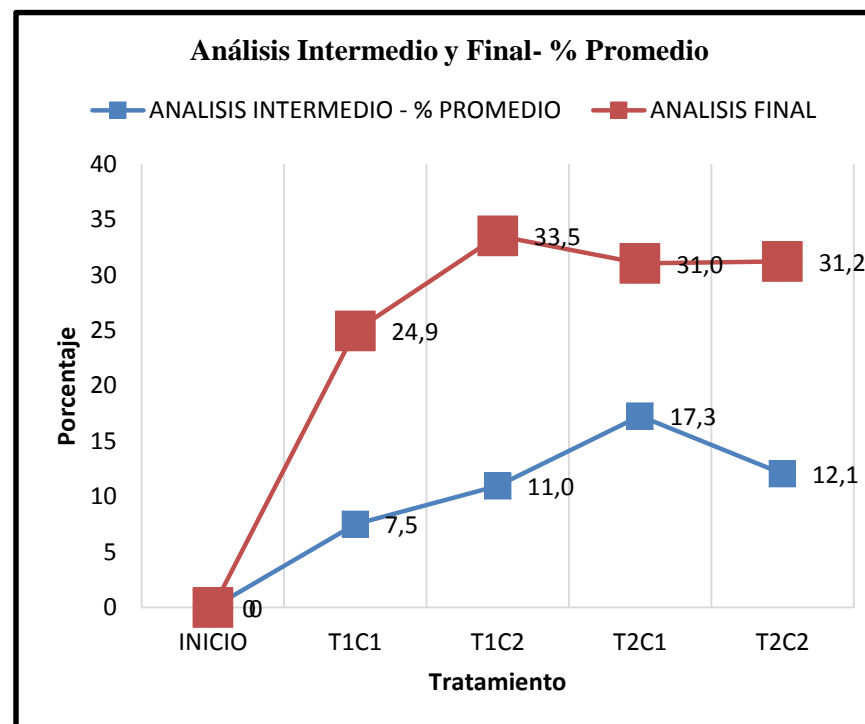
**Gráfico 4:5** Gráfica del análisis intermedio del zinc



Fuente: Graficas en Excel

Realizado por: BAYAS, Freddy.; LÓPEZ, Andrés, 2016.

**Gráfico 4:6** Gráfica del análisis intermedio y final del zinc



Fuente: Graficas en Excel

Realizado por: BAYAS, Freddy.; LÓPEZ, Andrés, 2016.

## ARSÉNICO.

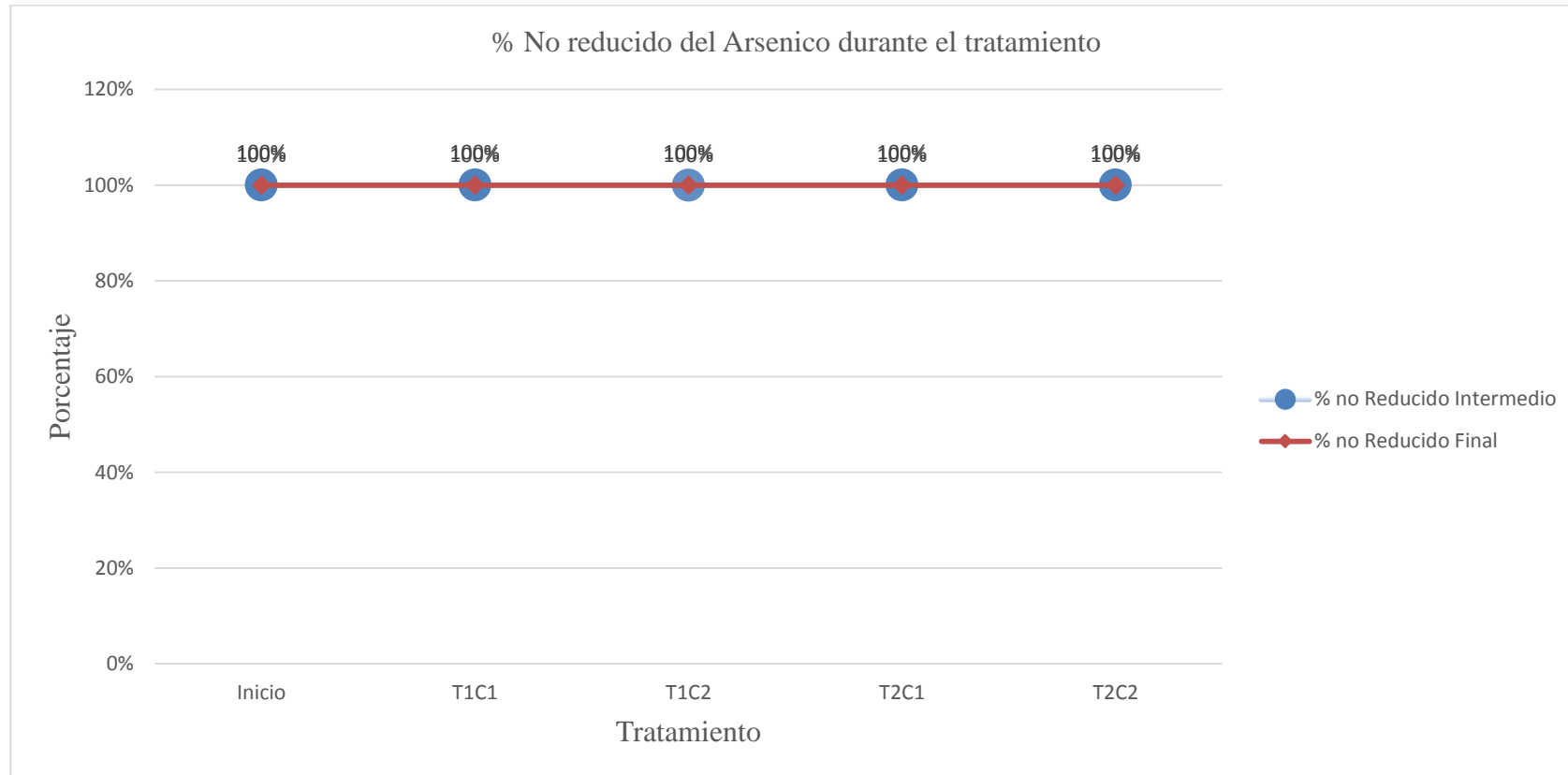
**Tabla 4:5**      **Análisis intermedio y final del arsénico con los dos hongos.**

ANALISIS INTERMEDIO				ANALISIS FINAL			
Nomenclatura general	Nomenclatura por repetición	Concentración intermedio (mg/kg)	Porcentaje no reducido (%)	Nomenclatura general	Nomenclatura por repetición	Concentración intermedio (mg/kg)	Porcentaje no reducido (%)
T1TC	(T1TC)	< 0,25	100%	T1TC	(T1TC)	< 0,25	100%
T1C1	(T1C1)r <sub>1</sub>	< 0,25	100%	T1C1	(T1C1)r <sub>1</sub>	< 0,25	100%
	(T1C1)r <sub>2</sub>	< 0,25	100%		(T1C1)r <sub>2</sub>	< 0,25	100%
	(T1C1)r <sub>3</sub>	< 0,25	100%		(T1C1)r <sub>3</sub>	< 0,25	100%
T1C2	(T1C2)r <sub>1</sub>	< 0,25	100%	T1C2	(T1C2)r <sub>1</sub>	< 0,25	100%
	(T1C2)r <sub>2</sub>	< 0,25	100%		(T1C2)r <sub>2</sub>	< 0,25	100%
	(T1C2)r <sub>3</sub>	< 0,25	100%		(T1C2)r <sub>3</sub>	< 0,25	100%
T2TC	(T2TC)	< 0,25	100%	T2TC	(T2TC)	< 0,25	100%
T2C1	(T2C1)r <sub>1</sub>	< 0,25	100%	T2C1	(T2C1)r <sub>1</sub>	< 0,25	100%
	(T2C1)r <sub>2</sub>	< 0,25	100%		(T2C1)r <sub>2</sub>	< 0,25	100%
	(T2C1)r <sub>3</sub>	< 0,25	100%		(T2C1)r <sub>3</sub>	< 0,25	100%
T2C2	(T2C2)r <sub>1</sub>	< 0,25	100%	T2C2	(T2C2)r <sub>1</sub>	< 0,25	100%
	(T2C2)r <sub>2</sub>	< 0,25	100%		(T2C2)r <sub>2</sub>	< 0,25	100%
	(T2C2)r <sub>3</sub>	< 0,25	100%		(T2C2)r <sub>3</sub>	< 0,25	100%

**Fuente:** Tomado de los análisis de laboratorio de los elementos analizados

**Realizado por:** BAYAS, Freddy.; LÓPEZ, Andrés, 2016.

**Gráfico 4:7**      **Gráfica del análisis intermedio y final del Arsénico.**



**Fuente:** Graficas en Excel

**Realizado por:** BAYAS, Freddy.; LÓPEZ, Andrés, 2016.

La concentración inicial del arsénico es  $<0,25$  mg/kg de lodo, valor que no cambio a lo largo de toda la etapa experimental, ya que la presencia de este elemento es baja y está bajo norma ambiental.

## 4.2 Discusión.

Con la ayuda del SOTFWARE SPSS se analizaron: el coeficiente de varianza, las medias y rangos para determinar cuál de los tratamientos es el más eficiente para la remoción de los metales en estudio, se analizaron todos los tratamientos con sus respectivas repeticiones y unidades de control. A continuación se muestran los resultados:

**Tabla 4:6 Análisis de varianza y prueba de Tukey para el cobre (tratamiento 1).**

COBRE											
ANALISIS INTERMEDIO						ANALISIS FINAL					
Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup>	Aj	CV	Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup>	Aj	CV
Cu MEDIO	9	0,97	0,96	3,44		Cu FINAL	9	0,99	0,99	3,99	
Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)						Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	2071,50	2	1035,75	105,33	<0,0001	Modelo.	5274,89	2	2637,44	276,01	<0,0001
TRATAMIENTO	2071,50	2	1035,75	105,33	<0,0001	TRATAMIENTO	5274,89	2	2637,44	276,01	<0,0001
Error	59,00	6	9,83			Error	57,33	6	9,56		
Total	2130,50	8				Total	5332,22	8			
<b>Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=7,85595</b>						<b>Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=7,74420</b>					
Error: 9,8333 gl: 6						Error: 9,5556 gl: 6					
TRATAMIENTO			MEDIAS	RANGO		TRATAMIENTO			Medias	n	E.E.
(T1C2) Lodo+Trichoderma+40c-60o			73,67	A		(T1C2) Lodo+Trichoderma+40c-60o			53,67	3	1,78 A
(T1C1) Lodo+Trichoderma+60c-40o			89,17	B		(T1C1) Lodo+Trichoderma+60c-40o			68,00	3	1,78 B
(T1TC) Control Trichoderma harzia..			110,67	C		(T1TC) Control Trichoderma harzia..			110,67	3	1,78 C
Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)						Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)					

**Fuente:** Análisis de varianza y prueba de Tukey

**Realizado por:** BAYAS, Freddy.; LÓPEZ, Andrés, 2016.

El coeficiente de varianza en el análisis intermedio tenemos de 3,44, y en el análisis final es de 3,99. Variando 0,55 en los últimos 30 días de tratamiento. Por lo que este valor es aceptable en comparación a la media del tratamiento aplicado, resultando ser un cambio es mínimo con respecto al análisis intermedio.

Nos muestra la media (T1C2) de las tres repeticiones desarrollada para el tratamiento, donde el (T1C2) es más eficiente para disminuir cobre en el tratamiento llevado a cabo con cada repetición independiente de los otros tres parámetros.

**Tabla 4:7          Análisis de varianza y prueba de Tukey para el plomo (tratamiento 1).**

<b>PLOMO</b>											
<b>ANALISIS INTERMEDIO</b>						<b>ANALISIS FINAL</b>					
Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup>	Aj	CV	Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup>	Aj	CV
Pb MEDIO	9	0,99	0,99	1,08		Pb FINAL	9	0,99	0,99	2,62	
<b>Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)</b>						<b>Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)</b>					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	4322,89	2	2161,44	345,83	<0,0001	Modelo.	15678,01	2	7839,00	307,96	<0,0001
TRATAMIENTO	4322,89	2	2161,44	345,83	<0,0001	TRATAMIENTO	15678,01	2	7839,00	307,96	<0,0001
Error	37,50	6	6,25			Error	152,73	6	25,45		
Total	4360,39	8				Total	15830,74	8			
<b>Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=6,26309</b>						<b>Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=12,63951</b>					
Error: 6,2500 gl: 6						Error: 25,4544 gl: 6					
TRATAMIENTO			Medias	n	E.E.	TRATAMIENTO			Medias	n	E.E.
<b>(T1C2)</b> Lodo+Trichoderma+40c-60o			205,17	3	1,44 A	<b>(T1C2)</b> Lodo+Trichoderma+40c-60o			159,00	3	2,91 A
<b>(T1C1)</b> Lodo+Trichoderma+60c-40o			233,17	3	1,44 B	<b>(T1C1)</b> Lodo+Trichoderma+60c-40o			167,00	3	2,91 A
<b>(T1TC)</b> Control Trichoderma harzia..			258,83	3	1,44 C	<b>(T1TC)</b> Control Trichoderma harzia..			251,27	3	2,91 B
Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)						Medias con una letra común no son significativamente diferentes p > 0,05)					

Fuente: Análisis de varianza y prueba de Tukey

Realizado por: BAYAS, Freddy.; LÓPEZ, Andrés, 2016.

En lo siguiente podemos determinar que el coeficiente de varianza (cv) en el análisis intermedio es de 1,08; mientras en el análisis final se tiene en 2,62 estos valores con respecto a la media el tratamiento aplicado. Comparando entre estos valores se tiene que existe un incremento de 1,54 al finalizar el tratamiento con respecto al análisis intermedio. El valor final obtenido es mínimo por lo que el tratamiento se llevó a cabalidad. El (T1C2) tiene un rango A resultando el más eficiente con respecto al (T1C1). Pero la diferencia entre T1C2 y T1C1 es pequeña, y en comparación con el tratamiento de control y la concentración inicial (260 mg/kg) es considerable el porcentaje disminuido 56.9 %. Estos cambios poco significativos se puede dar a factores externos (clima de la zona) o a su vez las proporciones del sustrato influyen en el proceso de biorremediación

**Tabla 4:8                    Análisis de varianza y prueba de Tukey para el zinc (tratamiento 1).**

ZINC												
ANALISIS INTERMEDIO							ANALISIS FINAL					
Variable N    R <sup>2</sup> R <sup>2</sup> Aj   CV							Variable N    R <sup>2</sup> R <sup>2</sup> Aj   CV					
Zn MEDIO   9   0,86   0,82   1,99							Zn FINAL    9   0,98   0,97   2,78					
Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)							Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V.                    SC        gl        CM        F        p-valor							F.V.                    SC        gl        CM        F        p-valor					
Modelo.                752,17    2   376,08   18,91    0,0026							Modelo.                8042,06    2   4021,03   143,04   <0,0001					
TRATAMIENTO        752,17    2   376,08   18,91    0,0026							TRATAMIENTO        8042,06    2   4021,03   143,04   <0,0001					
Error                    119,33    6    19,89							Error                    168,67    6    28,11					
Total                    871,50    8							Total                    8210,72    8					
Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=11,17259							Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=13,28274					
Error: 19,8889 gl: 6							Error: 28,1111 gl: 6					
TRATAMIENTO												

Fuente: Análisis de varianza y prueba de Tukey

Realizado por: BAYAS, Freddy.; LÓPEZ, Andrés, 2016.



El (T1C2) tiene un rango A, por lo que se puede concluir que es más eficiente. El coeficiente de varianza con respecto a la media del tratamiento es de 2,78 habiendo un cambio no tan significativo con respecto al análisis intermedio. Donde la varianza de disminución de la concentración inicial, medio y final es significativas con respecto al (T1C1). Los factores climatológicos influyen directamente en el tratamiento de cualquiera que sea el tratamiento.

**Tabla 4:9          Análisis de varianza y prueba de Tukey para el cobre (tratamiento 2).**

COBRE											
ANALISIS INTERMEDIO						ANALISIS FINAL					
Variable N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup>	Aj	CV		Variable N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup>	Aj	CV	
Cu MEDIO	9	0,96	0,95	2,13		Cu FINAL	9	0,98	0,98	4,10	
Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)						Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	708,47	2	354,23	75,09	0,0001	Modelo.	4080,89	2	2040,44	180,04	<0,0001
TRATAMIENTO	708,47	2	354,23	75,09	0,0001	TRATAMIENTO	4080,89	2	2040,44	180,04	<0,0001
Error	28,31	6	4,72			Error	68,00	6	11,33		
Total	736,78	8				Total	4148,89	8			
Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=5,44148						Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=8,43388					
Error: 4,7178 gl: 6						Error: 11,3333 gl: 6					
TRATAMIENTO					Medias n E.E.	TRATAMIENTO					Medias n E.E.
(T2C1) Lodo +Pleurotus+60c-40o					91,83 3 1,25 A	(T2C1) Lodo +Pleurotus+60c-40o					62,33 3 1,94 A
(T2C2) Lodo +Pleurotus+40c-60o					101,20 3 1,25 B	(T2C2) Lodo +Pleurotus+40c-60o					72,33 3 1,94 B
(T2TC) Control Pleurotus ostreatu.					113,50 3 1,25 C	(T2TC) Control Pleurotus ostreatu..					111,67 3 1,94 C
Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)						Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)					

**Fuente:** Análisis de varianza y prueba de Tukey

**Realizado por:** BAYAS, Freddy.; LÓPEZ, Andrés, 2016.

El (T2C1) está en el rango A, por lo que es un tratamiento óptimo para el cobre. Teniendo un coeficiente de varianza del 4,10 con respecto a la media del tratamiento. Pero en comparación con el coeficiente de varianza del análisis intermedio este se duplico el doble. Asumiendo así que el porcentaje de disminución desde el intermedio hasta el final se realizó aproximadamente en las mismas proporciones.

**Tabla 4:10**      **Análisis de varianza y prueba de Tukey para el plomo (tratamiento 2).**

PLOMO											
ANALISIS INTERMEDIO						ANALISIS FINAL					
Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV		Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV	
Pb MEDIO	9	0,98	0,98	1,76		Pb FINAL	9	1,00	0,99	2,11	
Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)						Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	5583,55	2	2791,78	185,39	<0,0001	Modelo.	19013,39	2	9506,69	621,13	<0,0001
TRATAMIENTO	5583,55	2	2791,78	185,39	<0,0001	TRATAMIENTO	19013,39	2	9506,69	621,13	<0,0001
Error	90,35	6	15,06			Error	91,83	6	15,31		
Total	5673,91	8				Total	19105,22	8			
Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=9,72182						Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=9,80106					
Error: 15,0591 gl: 6						Error: 15,3056 gl: 6					
TRATAMIENTO			Medias	n	E.E.	TRATAMIENTO			Medias	n	E.E.
(T2C1) Lodo +Pleurotus+60c-40o			193,83	3	2,24 A	(T2C1) Lodo +Pleurotus+60c-40o			148,00	3	2,26 A
(T2C2) Lodo +Pleurotus+40c-60o			214,25	3	2,24 B	(T2C2) Lodo +Pleurotus+40c-60o			157,33	3	2,26 A
(T2TC) Control Pleurotus ostreatu.			253,83	3	2,24 C	(T2TC) Control Pleurotus ostreatu.			249,83	3	2,26 B

Fuente: Análisis de varianza y prueba de Tukey

Realizado por: BAYAS, Freddy.; LÓPEZ, Andrés, 2016.

Al intermedio del tratamiento el (T2C1) está en el rango A con un coeficiente de varianza de 1,76. Mientras que en el análisis final de acuerdo a la prueba de tukey el (T2C1) y el (T2C2) están en el rango A, por lo que estos dos tratamientos a dos concentraciones diferentes son eficientes, con un coeficiente del 2,11 con respecto a la media. En comparación a los dos parámetros de los metales anteriores el tratamiento con Pleurotus ostreatus resulta mejor que la *Trichoderma harzianum*.

**Tabla 4:11**      **Análisis de varianza y prueba de Tukey para el zinc (tratamiento 2).**

<b>ZINC</b>											
<b>ANALISIS INTERMEDIO</b>						<b>ANALISIS FINAL</b>					
Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup>	Aj	CV	Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup>	Aj	CV
Zn MEDIO	9	0,86	0,82	3,37		Zn FINAL	9	0,99	0,99	2,12	
<b>Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)</b>						<b>Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)</b>					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	1965,06	2	982,53	18,68	0,0027	Modelo.	8537,06	2	4268,53	270,54	<0,0001
TRATAMIENTO	1965,06	2	982,53	18,68	0,0027	TRATAMIENTO	8537,06	2	4268,53	270,54	<0,000
Error	315,65	6	52,61			Error	94,67	6	15,78		
Total	2280,70	8				Total	8631,72	8			
<b>Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=18,17078</b>						<b>Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=18,17078</b>					
Error: 52,6078 gl: 6						Error: 15,7778 gl: 6					
TRATAMIENTO			Medias	n	E.E.	TRATAMIENTO			Medias	n	E.E.
<b>(T2C1)</b> Lodo +Pleurotus+60c-40o			199,00	3	4,19 A	<b>(T2C2)</b> Lodo +Pleurotus+40c-60o			165,50	3	2,29 A
<b>(T2C2)</b> Lodo +Pleurotus+40c-60o			211,50	3	4,19 A	<b>(T2C1)</b> Lodo +Pleurotus+60c-40o			165,83	3	2,29 A
<b>(T2TC)</b> Control Pleurotus ostreatu..			234,67	3	4,19 B	<b>(T2TC)</b> Control Pleurotus ostreatu..			231,00	3	2,29 B
Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)						Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)					

**Fuente:** Análisis de varianza y prueba de Tukey

**Realizado por:** BAYAS, Freddy.; LÓPEZ, Andrés, 2016.

El tratamiento (T2C2) y el (T2C1) son óptimos para el tratamiento del zinc, teniendo un coeficiente de varianza del 1,12 de la media del tratamiento aplicado. Este resultado es a fin al análisis intermedio del tratamiento a las dos concentraciones donde no varía en gran medida.

**Tabla 4:12      Análisis de varianza y prueba de Tukey para el cobre con los dos hongos.**

COBRE					
ANALISIS INTERMEDIO					
Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup>	Aj	CV
Cu MEDIO	18	0,97	0,96	2,79	
Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	3325,57	5	665,11	91,42	<0,0001
TRATAMIENTO	3325,57	5	665,11	91,42	<0,0001
Error	87,31	12	7,28		
Total	3412,88	17			
Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=7,39754					
Error: 7,2756 gl: 12					
TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.		
(T1C2) Lodo+Trichoderma+40c-60o	73,67	3	1,56	A	
(T1C1) Lodo+Trichoderma+60c-40o	89,17	3	1,56	B	
(T2C1) Lodo +Pleurotus+60c-40o	91,83	3	1,56	B	
(T2C2) Lodo +Pleurotus+40c-60o	101,20	3	1,56	C	
(T1TC) Control Trichoderma harzia.	110,67	3	1,56	D	
(T2TC) Control Pleurotus ostreatu..	113,50	3	1,56	D	
Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)					

ANALISIS FINAL					
Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup>	Aj	CV
Cu FINAL	18	0,99	0,98	4,05	
Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	9453,78	5	1890,76	181,03	<0,0001
TRATAMIENTO	9453,78	5	1890,76	181,03	<0,0001
Error	125,33	12	10,44		
Total	9579,11	17			
Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=8,86333					
Error: 10,4444 gl: 12					
TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.		
(T1C2) Lodo+Trichoderma+40c-60o	53,67	3	1,87	A	
(T2C1) Lodo +Pleurotus+60c-40o	62,33	3	1,87	AB	
(T1C1) Lodo+Trichoderma+60c-40o	68,00	3	1,87	B	
(T2C2) Lodo +Pleurotus+40c-60o	72,33	3	1,87	C	
(T1TC) Control Trichoderma harzia.	110,67	3	1,87	D	
(T2TC) Control Pleurotus ostreatu.	111,67	3	1,87	D	
Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)					

**Fuente:** Análisis de varianza y prueba de Tukey

**Realizado por:** BAYAS, Freddy.; LÓPEZ, Andrés, 2016.

El test de tukey para el análisis intermedio después de 30 días nos indica que el (T1C2) está en el rango A por lo que es el más eficiente para remover el cobre, obteniendo un 2,79 de coeficiente de varianza de la media de los tratamientos aplicados. Al realizar el análisis final de los tratamientos obtenemos en la prueba de tukey el (T1C2) como el más eficiente concordando con el análisis intermedio, mientras que se adhiere el (T2C1) al rango A como al B, por lo que el (T1) a las dos concentraciones resulta eficiente.

**Tabla 4:13      Análisis de varianza y prueba de Tukey para el plomo con los dos hongos**

PLOMO															
ANALISIS INTERMEDIO					ANALISIS FINAL										
Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup>	Aj	CV	Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup>	Aj	CV				
Pb MEDIO	18	0,99	0,98	1,44		Pb FINAL	18	0,99	0,99	2,39					
Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)										
F.V.		SC	gl	CM	F	p-valor	F.V.		SC	gl	CM	F	p-valor		
Modelo.		10527,61	5	2105,52	197,62	<0,0001	Modelo.		34935,60	5	6987,12	342,84	<0,0001		
TRATAMIENTO		10527,61	5	2105,52	197,62	<0,0001	TRATAMIENTO		34935,60	5	6987,12	342,84	<0,0001		
Error		127,85	12	10,65			Error		244,56	12	20,38				
Total		10655,46	17				Total		35180,16	17					
Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=8,95203					Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=12,38101										
Error: 10,6545 gl: 12					Error: 20,3800 gl: 12										
TRATAMIENTO					Medias	n	E.E.	TRATAMIENTO					Medias	n	E.E.
(T2C1)	Lodo +Pleurotus+60c-40o	193,83	3	1,88	A			(T2C1)	Lodo +Pleurotus+60c-40o	148,00	3	2,61	A		
(T2C2)	Lodo+Trichoderma+40c-60o	205,17	3	1,88	B			(T2C2)	Lodo +Pleurotus+40c-60o	157,33	3	2,61	A B		
(T1C2)	Lodo +Pleurotus+40c-60o	214,25	3	1,88	C			(T1C2)	Lodo+Trichoderma+40c-60o	159,00	3	2,61	A B		
(T1C1)	Lodo+Trichoderma+60c-40o	233,17	3	1,88	D			(T1C1)	Lodo+Trichoderma+60c-40o	167,00	3	2,61	B		
(T2TC)	Control Pleurotus ostreatu.	253,83	3	1,88	E			(T2TC)	Control Pleurotus ostreatu	249,83	3	2,61	C		
(T1TC)	Control Trichoderma harzia.	258,83	3	1,88	E			(T1TC)	Control Trichoderma harzia	251,27	3	2,61	C		
Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)					Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)										

**Fuente:** Análisis de varianza y prueba de Tukey

**Realizado por:** BAYAS, Freddy.; LÓPEZ, Andrés, 2016.

El tratamiento (T2C1) es el mejor con respecto al resto, aunque el (T2C2) y (T1C1)\_están entre el rango A y B, teniendo el análisis final un coeficiente de varianza de 2,39 con respecto a la media de los tratamientos. \_En el análisis intermedio solo el (T2C1) está dentro del rango A con un coeficiente de varianza del 1,44. Así definiendo que la concentración disminuye a lo largo de los 60 días en un porcentaje considerable que entra dentro de los máximos permisibles.

**Tabla 4:14**      **Análisis de varianza y prueba de Tukey para el zinc con los dos hongos**

<b>ZINC</b>											
<b>ANALISIS INTERMEDIO</b>						<b>ANALISIS FINAL</b>					
Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV		Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV	
Zn MEDIO	18	0,88	0,83	2,74		Zn FINAL	18	0,98	0,98	2,48	
<b>Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)</b>						<b>Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)</b>					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	3104,57	5	620,91	17,13	<0,0001	Modelo.	16619,61	5	3323,92	151,47	<0,0001
TRATAMIENTO	3104,57	5	620,91	17,13	<0,0001	TRATAMIENTO	16619,61	5	3323,92	151,47	<0,0001
Error	434,98	12	36,25			Error	263,33	12	21,94		
Total	3539,55	17				Total	16882,94	17			
<b>Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=16,51194</b>						<b>Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=12,84744</b>					
Error: 36,2483 gl: 12						Error: 21,9444 gl: 12					
TRATAMIENTO		Medias	n	E.E.		TRATAMIENTO		Medias	n	E.E.	
(T2C1) Lodo +Pleurotus+60c-40o		199,00	3	3,48	A	(T1C2) Lodo+Trichoderma+40c-60o		159,83	3	2,70	A
(T2C2) Lodo +Pleurotus+40c-60o		211,50	3	3,48	A B	(T2C2) Lodo +Pleurotus+40c-60o		165,50	3	2,70	A
(T1C2) Lodo+Trichoderma+40c-60o		214,17	3	3,48	A B	(T2C1) Lodo +Pleurotus+60c-40o		165,83	3	2,70	A
(T1C1) Lodo+Trichoderma+60c-40o		222,50	3	3,48	B C	(T1C1) Lodo+Trichoderma+60c-40o		180,50	3	2,70	B
(T2TC) Control Pleurotus ostreatu.		234,67	3	3,48	C	(T2TC) Control Pleurotus ostreatu.		231,00	3	2,70	C
(T1TC) Control Trichoderma harzia.		236,33	3	3,48	C	(T1TC) Control Trichoderma harzia.		231,00	3	2,70	C
Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)						Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)					

**Fuente:** Análisis de varianza y prueba de Tukey

**Realizado por:** BAYAS, Freddy.; LÓPEZ, Andrés, 2016.

Para el zinc en el análisis intermedio el (T2C1) es el de mejor proceso de biorremediación, y se aprecia que el (T2C2) y (T1C2) está entre el rango A y B, donde el coeficiente de varianza es de 2,74 con respecto a la media de los tratamientos aplicados. En el análisis final el (T1C2), (T2C2), (T2C1) son los más eficientes para biorremediar el suelo contaminado con metales. Teniendo un coeficiente de varianza del 2,48 con respecto a la media de los tratamientos, apreciando que disminuye con respecto al análisis intermedio.

De los parámetros analizados se observa mayor eficiencia para la remoción del ZINC con *Pleurotus ostreatus* a las dos concentraciones ((**T2C2**) ;(**T2C1**)) y con *Trichoderma harzianum* a una concentración (**T1C2**). Para el COBRE el tratamiento con *Trichoderma harzianum* (T1C2) y *Pleurotus ostreatus* (T2C1). Para el caso de estos dos elementos mencionados la disminución de su concentración es tal, que llegan a estar dentro de los límites permisibles para suelos de tipo Agrícola y Residencial según el TEXTO UNIFICADO LEGISLACION SECUNDARIA DEL MINISTERIO DE AMBIENTE DEL ECUADOR (TULSMA), LIBRO VI, ANEXO II de la Calidad del Suelo.

## CONCLUSIONES

- Los resultados iniciales de los análisis físico-químicos realizados a los lodos de lixiviación mostraron que los parámetros de interés analizados están fuera de los límites permisibles excepto el Arsénico, el Cobre 116,00 mg/Kg; Plomo 260 mg/Kg; Zinc 240,50 mg/Kg; Arsénico < 0,25. Por lo que el proceso de biorremediación del lodo residual es viable para su ejecución.
- La facilidad de adaptabilidad de estos hongos a distintos entornos y con la ayuda de sustratos de residuo de cacao y tusa de maíz se pudo reproducir en pequeñas y medianas poblaciones estos microorganismos en la celdas de tratamiento que a la consiguiente son encargados de llevar el proceso de biorremediación con la remoción de uno o más elementos presentes en el medio.
- La concentración de los metales varía según el tipo y el tratamiento aplicado y el periodo de tiempo. Para el **Cobre** (116,00 mg/Kg), la concentración después 30 días después de iniciado el proceso varía de acuerdo al tratamiento y concentración del sustrato. En comparación con la concentración inicial el porcentaje media disminuido de acuerdo a los tratamientos se tiene que; con el T1C1 (Lodo+ *Trichoderma harzianum* +60% cacao-40% olote), disminuye el 23,1 %; mientras con el T1C2 (Lodo+ *Trichoderma harzianum* +40% cacao-60% olote), reduce el 36,5%. Y con el T2C1 (Lodo + *Pleurotus ostreatus* +60% cacao-40% olote), reduce el 20,8%; T2C2 (Lodo + *Pleurotus ostreatus* +40% cacao-60%olote), reduce apenas el 12,8%. Para el **Plomo**, la concentración inicial de 260 mg/Kg después de 30 días iniciado el tratamiento varió, teniéndose que : T1C1 (Lodo+ *Trichoderma harzianum* +60% cacao-40% olote), reduce el 10,33% y el T1C2 (Lodo+ *Trichoderma harzianum* +40% cacao-60% olote), reduce el 21,07 % y para el T2C1 (Lodo + *Pleurotus ostreatus* +60% cacao-40% olote), disminuye el 25,43%; T2C2 (Lodo + *Pleurotus ostreatus* +40% cacao-60%olote) disminuye el 17,60% . **Zinc**, con concentración inicial (240,5 mg/Kg), durante los primeros 30 días tuvo escasa disminución por



tratamiento, donde el T1C1 (Lodo+ *Trichoderma harzianum* +60% cacao-40% olote) reduce el 7,5 %; T1C2 (Lodo+ *Trichoderma harzianum* +40% cacao-60% olote) el 11,0 % y con el T2C1 (Lodo + *Pleurotus ostreatus* +60% cacao-40% olote), disminuye el 17,3%; T2C2 (Lodo + *Pleurotus ostreatus* +40% cacao-60% olote) reduce el 12,1% . Verificando que la concentración que se disminuye en los primeros días la disminución es baja. **Arsénico.** Los análisis intermedios arrojados nos indican la cantidad y porcentaje disminuidos durante los 30 días de tratamiento, donde nos muestra que la cantidad es igual que la inicial. Indicando que no existe varianza en este elemento.

- Los resultados arrojados en los análisis finales, nos indica que se logra disminuir el contenido de metales del lodo residual tratado en porcentajes diferentes por cada tratamiento realizado. Donde la varianza en porcentajes de disminución puede estar relacionado al microorganismo, sustratos aplicados, control del proceso y las condiciones climatológicas de la zona. **Cobre** La disminución de la concentración inicial (116 mg/Kg) con los tratamientos promedios en porcentajes tenemos que : T1C1 (Lodo+ *Trichoderma harzianum* +60% cacao-40% olote), disminuye el 41,4 %; mientras con el T1C2 (Lodo+ *Trichoderma harzianum* +40% cacao-60% olote), reduce el 53,7%. Y con el T2C1 (Lodo + *Pleurotus ostreatus* +60% cacao-40% olote), reduce el 46,3%; T2C2 (Lodo + *Pleurotus ostreatus* +40% cacao-60%olote), reduce apenas el 37,6%. **Plomo** La cantidad disminuida se sustenta en los análisis finales. donde el T1C1 (Lodo+ *Trichoderma harzianum* +60% cacao-40% olote), reduce el 35,8% y el T1C2 (Lodo+ *Trichoderma harzianum* +40% cacao-60% olote), reduce el 38,9 % y para el T2C1 (Lodo + *Pleurotus ostreatus* +60% cacao-40% olote), disminuye el 43,1%; T2C2 (Lodo + *Pleurotus ostreatus* +40% cacao-60%olote) disminuye el 39,5%. **Zinc** El porcentaje de reducción en el T1C1 (Lodo+ *Trichoderma harzianum* +60% cacao-40% olote) reduce el 24,9%; T1C2 (Lodo+ *Trichoderma harzianum* +40% cacao-60% olote) el 33,5 % y con el T2C1 (Lodo + *Pleurotus ostreatus* +60% cacao-40% olote), disminuye el 31,0%; T2C2 (Lodo + *Pleurotus ostreatus* +40% cacao-60% olote) reduce el 31,2%. **Arsénico** Al ser un elemento que está por debajo de <0,25 mg/Kg según el análisis inicial no se le puede diagnosticar si disminuyo o no con los tratamientos y el tiempo que

duro el proceso de biorremediación. **DBO** El porcentaje inicial del contenido orgánico es del (DBO 5204 mg/L) donde al termino del proceso de biorremediación en los tratamientos con sustrato es mayor al 90%, mientras que en las de control sin sustrato es del (T1TC) 82,6% y (T2TC) 83,5% donde se puede concluir que la cantidad de sustrato y microorganismos no influyen en la disminución del contenido orgánico, el tiempo es el mejor adepto para la disminución de la DBO, ya que al ser un lodo residual obtenido del relleno sanitario y el entorno con una gran variedad de organismos vivos, los distintos organismos sirven como alimentos y los transforman o eliminan del lodo tratado. **Coliformes fecales** La cantidad de coliformes fecales se disminuyó en un 98%, debido a que el lodo extraído disminuyo su contenido orgánico.

- Se concluye atreves de los análisis de laboratorio obtenido del lodo tratado que el microorganismo más eficiente para el tratamiento en la remoción de metales es la *Trichoderma harziuanum*, ya que los análisis finales del lodo evidencian que se hubo mayor remoción de metales que con *Pleurotus ostreatus*.

## RECOMENDACIONES

- Se recomienda al GAD municipal de Lago Agrio utilizar *Trichoderma harzianum*, para la biorremediación de sus lodos de lixiviación debido a que es un microorganismo que se adapta de mejor manera a distintas condiciones climáticas y es eficiente para remover metales pesados.
- Llevar a cabo la masificación de los hongos con el mayor cuidado posible para evitar su contaminación de los microorganismos presentes en el medio ambiente.
- Utilizar el mejor sustrato posible según hongo y el lugar a aplicar para su mejor adaptación y proliferación en el medio que se desee utilizar.
- Realizar una mezcla homogénea del lodo de piscina para la toma del lodo residual que se desee tratar, evitando así extraer lodo con mayor o menor carga contaminante que pudiere estar por zonas.
- Realizar el control adecuado del tratamiento, ya que las condiciones climatológicas varían repentinamente según la zona en la que se encuentre.
- Realizar campañas de educación ambiental sobre el manejo de residuos sólidos y sus efectos que estas generan en un relleno sanitario.

## BIBLIOGRAFÍA

**ALARCÓN, Alejandro.** El Género Fúngico Trichoderma y su relación con contaminantes orgánicos e inorgánicos, Revista Redalyc [en línea], México D. F – México. 2011, vol 25, N° 4, pp. 2-9,  
[Consultado: 17 diciembre 2015].  
<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=37012013006>

**AVELLANEDA CUSARÍA, Alfonso.** Gestión Ambiental y Planificación del desarrollo. 2<sup>a</sup> ed., Bogotá - Colombia: Kimpres Ltda, 2007, pp. 117 - 253.  
[Consultado: 22 enero 2016].

**AVILÉS SACOTO, Estefanía Caridad.** Determinación de la efectividad del proceso de Lombricultura como tratamiento para la estabilización de Lodos Residuales provenientes de una Planta de Tratamiento de Aguas. [en línea] **(TESIS)**. (Ingeniería) Universidad Escuela Politécnica Salesiana, Cuenca, Ecuador. 2011. pp 35-41.  
[Consulta: 20 octubre 2016].  
<http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/1511/14/UPS-CT002101.pdf>

**BRISSIO, Pedro A.** Evaluación preliminar del estado de contaminación en suelos de la provincia del Neuquén donde se efectúan actividades de explotación hidrocarburífera. [blog] [En línea]. Buenos Aires - Argentina, 2010.  
[Consultado: 19 agosto 2016].  
<http://tesis.bioetica.org/pab2-3.htm>

**BROWN, Theodore L.** Química de Bronw. Libro [En línea]. México: Pearson Educación, 2014. p. 173.  
[Consulta: 28 septiembre 2016].  
<http://www.bibliotechnia.com.mx/portal/visor/web/visor.php>

**BUSTOS AYOVÍ, Fernando.** "Manual de gestión y control ambiental". 3<sup>a</sup> ed. Quito - Ecuador: R.N. Industria Gráfica, 2008, p. 118

**CAÑIZARES VILLANUEVA, ROSA OLIVIA.** Biosorción de metales pesados mediante el uso de biomasa. Revista ALAM. [En línea]. México. 2011. p. 5.

[Consulta: 15 octubre 2016].

<http://www.medigraphic.com/pdfs/lamicro/mi-2000/mi003f.pdf>

**CHUQUÍN ENRÍQUEZ, Cristian Andrés.** Estudio de la viabilidad de crecimiento del hongo *Pleurotus ostreatus* aplicado en inóculo líquido para uso en biorremediación. [En línea] **(TESIS)**. (Ingeniería) Escuela Superior Politécnica De Chimborazo, Riobamba - Ecuador. 2016. pp. 27-30.

[Consulta: 13 octubre 2016].

<http://dspace.espoch.edu.ec/bitstream/123456789/2641/1/236T0073.pdf>

**COLLANTES PEÑALOZA, Héctor.** Diseño y operación de rellenos sanitarios. Libro 4ª ed. [En línea]. Colombia: Escuela Colombiana de Ingeniería, 2013. pp. 41 - 42.

[Consulta: 17 agosto 2016].

<http://www.librosyeditores.com/tiendalemoine/ingenieria/3138-diseno-operacion-rellenos-sanitarios-4a-edicion--9789588726120.html>

**CONTRERAS ÁLVAREZ Alexander.; SUÁREZ GELVEZ, John H.** Tratamiento biológico del lixiviado generado en el relleno sanitario EL GUAYABAL en la ciudad San Jose de Cucuta. Rvista, Redalyc [en línea], Colombia, 2011, vol. 35, N° 3, pp.1-3.

[Consulta: 24 noviembre 2015].

<http://www.redalyc.org/pdf/852/85202007.pdf>

**DURÁN DOMINGUÉZ, María del Carmen.** Introducción a la Química Ambiental. Libro 3ª ed. [En línea]. México: REVERTÉ S.A, 2010. p.18.

[Consulta: 17 agosto 2016].

[https://books.google.com.ec/books?id=5NR8DIk1n68C&pg=PA646&dq=lixiviados&hl=es&sa=X&redir\\_esc=y#v=onepage&q=lixiviados&f=false](https://books.google.com.ec/books?id=5NR8DIk1n68C&pg=PA646&dq=lixiviados&hl=es&sa=X&redir_esc=y#v=onepage&q=lixiviados&f=false)

**EARTH, G.** (2016). Imagen Satelital del area de Trabajo. Obtenido de:

<http://googleearthonline.blogspot.com/>

**ERÓSTEGUI REVILLA, Carlos.** Contaminación Por Metales Pesados. Revista Scielo [en línea], Bolivia. 2010, vol 2, N° 1, ISSN 2077-3323. p. 2.

[Consulta: 22 noviembre 2015].

[http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1817-74332009000100013](http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1817-74332009000100013)

**FERNÁNDEZ, Maike; RODRÍGUEZ, Suyén; BERMÚDEZ, Rosa C.** Tratamiento de efluentes industriales coloreados con *Pleurotus* spp. Revista Reviberoammico. [En línea], Cuba. 2013, vol 20, N° 3, pp. 164-165.

[Consulta: 17 octubre 2016].

<http://www.reviberoammico1.com/2003-20/164168.pdf>

**FUENTES, Javier.** Granada natural (imagen *Pleurotus ostreatus*) [blog]. 4 de Octubre de 2009. p. 1.

[Consulta: 20 julio 2016].

[http://www.gradanatural.com/ficha\\_hongos.php?cod=234](http://www.gradanatural.com/ficha_hongos.php?cod=234)

**GAVIRIA, Carlos F.; MUÑOZ, Juan C.** Contaminación del aire y vulnerabilidad de individuos expuestos. Revista Redalyc [En línea], Colombia. 2012, vol 30, N° 3, ISSN 0120-386X, p. 317.

[Consulta: 11 diciembre 2015].

<http://www.redalyc.org/pdf/120/12025369009.pdf>

**GIRALDO, Eugenio.** Manejo Integrado De Residuos Sólidos. Revista de Ingeniería. [En línea], Colombia. 2013, vol.7, N° 2, pp. 44-45.

[Consulta: 14 marzo 2016].

[http://oa.upm.es/1922/1/Barradas\\_MONO\\_2009\\_01.pdf](http://oa.upm.es/1922/1/Barradas_MONO_2009_01.pdf)

**GLYNN, Henry; GARY, Heinke.** Ingeniería Ambiental. 2ª ed. México: MEG WEIST. 1999, pp. 293 - 294.

[Consulta: 16 mayo 2016].

**GREENPEACE.** Resumen de impactos ambientales y sobre la salud de los rellenos sanitarios. Revista [en línea]. Buenos Aires - Argentina. 2009, vol 3, N° 1, p. 2 - 5.

[Consulta: 08 mayo 2016].

<http://www.greenpeace.org/argentina/Global/argentina/report/2009/9/resumen-de-los-impactos-ambien-2.pdf>

**HERNÁNDEZ, Lesly.** Efectos del plomo, aluminio, mercurio y asernico sobre el cuerpo humano [blog]. 2015.

[Consulta: 10 septiembre 2016].

<https://lesly0098.wordpress.com/2015/07/29/efectos-del-plomo-aluminiomercurio-y-asernico-sobre-el-cuerpo-humano/>

**HURTADO, Hector.** Evaluación del crecimiento y producción de Pleurotus ostreatus sobre diferentes residuos agroindustriales del departamento de Cundinamarca. [en línea] (TESIS). (Ingeniería) 2011. Pontificia Universidad Javerina. Bogotá. p 30. [Consulta: 03 octubre 2016].

<http://www.javeriana.edu.co/biblos/tesis/ciencias/tesis257.pdf>

**MÁRQUEZ BENAVIDES, Liliana; SÁNCHEZ YÁÑEZ, Juan Manuel.** Evaluación del Índice de Contaminación de Lixiviados de Relleno Sanitario. Revista Scielo, [en línea], Bolivia. 2013, vol 5, N° 1, ISSN 2072-9294. pp 1-3.

[Consulta: 24 octubre 2016].

[http://www.scielo.org.bo/pdf/jsars/v5n1/v5n1\\_a03.pdf](http://www.scielo.org.bo/pdf/jsars/v5n1/v5n1_a03.pdf)

**MINISTERIO DEL AMBIENTE.** Texto Unificado de Legislación Ambiental del Ministerio del Ambiente)TULSMA.

[Consulta: 24 noviembre 2015].

**OLGUÍN J. Eugenia.** Revista Latinoamericana de Biotecnología Ambiental y Algal. Revista SOLABIAA [En líneas]. México. 2012, vol. 3, N° 1, pp. 12.

[Consulta: 20 junio 2016].

<http://www.lasallista.edu.co/fxcul/media/pdf/Revista/Vol1n1/015-021%20Impacto%20del%20manejo%20integral%20de%20los%20residuos%20s%C3%B3lidos%20en%20la%20CUL.pdf>

**OÑATE O, Leonor.** Biología II. Libro [En línea] 3ª ed. México: Cengage Learning S.A, 2011. p. 143.

[Consulta: 02 septiembre 2016].

<http://www.bibliotechnia.com.mx/portal/visor/web/visor.php>

**OROPEZA GARCÍA, Norma.** Lodos residuales: estabilización y manejo. Revista Caos [en línea]. México. 2010, vol 1, N° 51, pp. 1-8.

[Consulta: 24 noviembre 2015].

[http://dci.uqroo.mx/RevistaCaos/2006\\_Vol\\_1/Num\\_1/NO\\_Vol\\_I\\_21-30\\_2006.pdf](http://dci.uqroo.mx/RevistaCaos/2006_Vol_1/Num_1/NO_Vol_I_21-30_2006.pdf)

**PAREDES COELLO, Jessica Marisol.** Aplicacion de hongo Pleurotus ostreatus como alternativa para la biorremediación de suelos contaminados con metales pesados [en línea] (TESIS). (Ingeniería) Universidad Escuela Sierior Politécnica Del Litoral, Guayaquil, Ecuador. 2011. pp 12-15.

[Consulta: 24 noviembre 2015].

<https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/21150/1/D-92862.pdf>

**PAZOS, Mabel Susana.** Disponibilidad de cobre, hierro, manganeso, zinc en suelos. Revista Scielo [en línea], Argentina. 2012, vol 25, N° 1, ISSN 1850-2067, p. 3.

[Consulta: 07 julio 2016].

[http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1817-74332009000100013](http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1817-74332009000100013)

**PELCZAR, Michael J.** Elementos de Micribiología. Madrid-España: La colina. 1984 pp. 143-151.

[Consulta: 27 agosto 2016].

**PRESCOTT, Lansing; HARLEY, John; KLEIN, Donald.** Microbiología. 5ª ed. España: Edigrafos 2004, p. 595.

[Consulta: 27 agosto 2016].



**PRIETO MÉNDEZ, Judith.** Contaminación y fitotoxicidad en plantas por metales. Revista Redalyc, [en línea], México. 2012, vol 10, N° 1, pp 29-30.  
[Consulta: 20 noviembre 2015].  
<http://www.redalyc.org/pdf/939/93911243003.pdf>

**RODRIGUEZ A. Ismael; & GONZÁLEZ C. Juan.** Uso de diferentes biomásas para la eliminación de metales pesados de sitios contaminados. Revista Concyteg [en línea]. México. 2012, vol. 7, n° 85, pp. 911-919.  
[Consultado: 22 noviembre 2015].  
[http://www.semanaciencia.guanajuato.gob.mx/ideasConcyteg/Archivos/85\\_3\\_ACOSTA\\_RODRIGUEZ\\_ET\\_AL.pdf](http://www.semanaciencia.guanajuato.gob.mx/ideasConcyteg/Archivos/85_3_ACOSTA_RODRIGUEZ_ET_AL.pdf)

**ROJAS CABALLERO, David R; & PAREDES ÁNGELES, Jorge.** Compendio de geología general. Lima-Perú: MACRO EIRL. 2013, p. 36.  
[Consultado: 23 agosto 2016].

**Slowinski, Janusz.** Darz Grzyb (imagen Trichoderma harzanium) [blog].  
[Consulta: 15 octubre 2016].  
<http://nagrzyby.pl/atlas/4828>

**TORRES A. RAFAEL.** El zinc: la chispa de la vida. Revista Scielo [en línea]. Cuba, vol 72, N° 4, p.5.  
[Consulta: 11 agosto 2016].  
[http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0034-75312004000400008](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-75312004000400008)

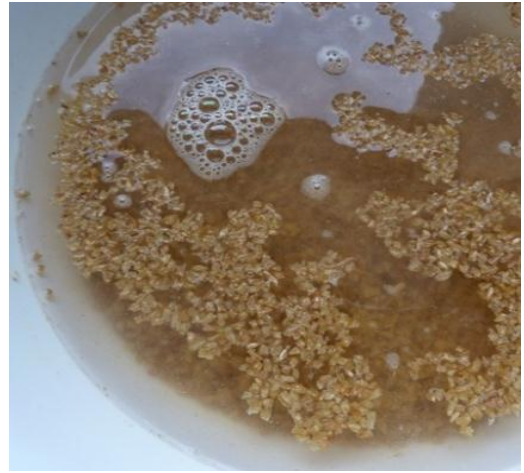
**VARNERO, María T.; QUIROZ, Madelaine S.; ÁLVAREZ, Cristian H.,** Utilización de Residuos Forestales Lignocelulósicos para Producción del Hongo Ostra (Pleurotus ostreatus). Revista Scielo, [en línea], Chile. 2010, vol 21, N° 2, ISSN 0718-0764. pp. 7-8.  
[Consulta: 20 julio 2016].  
[http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0718-07642010000200003](http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-07642010000200003)

## ANEXOS

### ANEXO 1. OBTENCIÓN Y MASIFICACIÓN DE LAS CEPAS MICROBIANAS



**Anexo A:** Limpieza para eliminar partículas ajenas



**Anexo B:** Lavado con abundante agua



**Anexo C:** Sumergir por 24 horas en agua par humedecer un 80%



**Anexo D:** Escurrir el exceso de agua



**Anexo E:** Colocar los granos de trigo en una solución de Bernomyl al 0,02 %



**Anexo F:** Colocar el trigo húmedo en frascos de 450 g



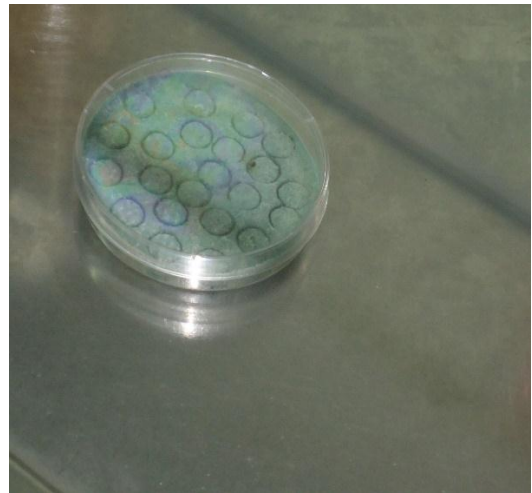
**Anexo G:** Esterilización del trigo



**Anexo H:** Homogenizar el trigo para la aireación



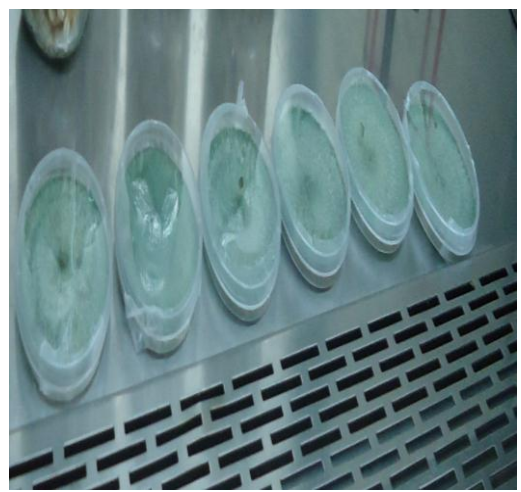
**Anexo I:** Sembrado de la *Pleurotus ostreatus*



**Anexo J:** Sembrado de *Trichoderma harzianum*



**Anexo K:** Hongo *Pleurotus ostreatus* masificado



**Anexo L:** Hongo *Trichoderma harzianum* masificado



## ANEXO 2: SUSTRATO

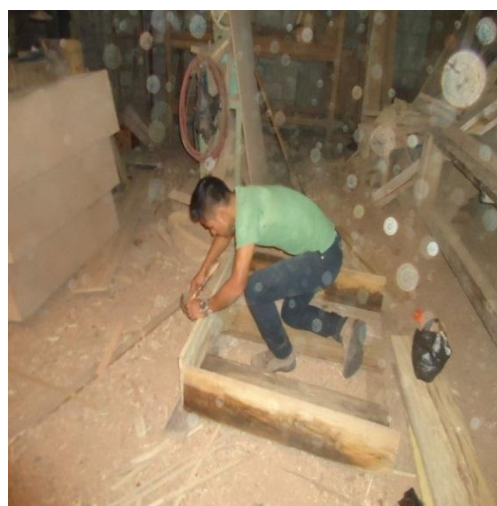


**Anexo M:** Mezcla del sustrato cacao - tusa de maiz en diferentes proporciones

## ANEXO 3: ARMADO DE LAS CELDAS Y CAJOS DE DESHIDRATACION



**Anexo N:** Medición del ph del trigo



**Anexo O:** Cajón de deshidratación

## ANEXO 4: TRATAMIENTO



**Anexo P:** Deshidratación del lodo



**Anexo Q:** Secado del lodo



**Anexo R:** Unión de los componentes para el tratamiento



**Anexo S:** Control del tratamiento - Medida del pH y temperatura



**Anexo T:** Control de humedad –Pesado de suelo húmedo



**Anexo U:** Pesado del suelo seco

**ANEXO 5: Verificacio en el crecimiento**



**Anexo V:** Crecimiento del *Trichoderma harzianum*



**Anexo W:** Crecimiento de la *Pleurotus Ostreatus*



**Anexo X:** Fin del tratamiento de la *Trichoderma harzianum*



**Anexo Y:** Fin del tratamiento de la *Pleurotus ostreatus*

## ANEXO 6: RESULTADOS

### ANALISIS INICIAL





GOBIERNO AUTÓNOMO DESCENTRALIZADO  
MUNICIPAL DE LAGO AGRIO



DIRECCIÓN DE AMBIENTE

INFORME DE

ENSAYO N°: 101761

Análisis de Lodo Deshidratado

Laboratorio de  
ensayo del Relleno  
Sanitario del GADMLA

Datos Generales

Recogidas por.....Personal del GADMLA/Freddy Bayas y Andrés López.  
Fecha hora toma de muestra.....2016-06-02 15:30  
Fecha hora ingreso al Laboratorio.....2016-06-03 15:10  
Fecha de Análisis.....2016-06-03 2016-07-13  
Condiciones Ambientales de Análisis.....T máx. 25.0 °C T mín. 22.0 °C

Item	Análisis Solicitado	Unidad	Muestra de lodo	PEE-GADMLA	Método/Norma Referencia	Incertidumbre (k=2)
1	Potencial hidrogeno	~	8,32	PEE-GADMLA-12	EPA 9045 C	± 0,08
2	Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/Kg	5204	PEE-GADMLA-06/09	SM 5210 B	~
3	Cobre	mg/Kg	116,00	PEE-GADMLA-06/26	EPA 3050 B; SM 3030 B, 3111 B	~
4	Plomo	mg/Kg	260,00	PEE-GADMLA-06/24	EPA 3050 B; SM 3030 B, 3111 B	± 7 %
5	Zinc	mg/Kg	240,50	PEE-GADMLA-06/29	EPA 3050 B; SM 3030 B, 3111 B	~
6	Arsénico	mg/Kg	<0,25	PEE-GADMLA-06/34	EPA 3050 B; SM 3030 B, 3111 B	~
7	Coliformes Fecales	Col/100	72000	PEE-GADMLA-43	SM 9222 D	~

  
Ing. Jairo Balladares  
Responsable del Laboratorio

  
Ing. Pío Bravo  
Director de la Dirección de Ambiente

Dirección: Calle Manabí entre Velasco Ibarra y Cofanes, Telf. 2 835-544  
Correo electrónico: [dir\\_higiene@municipiolagoagrio.gob.ec](mailto:dir_higiene@municipiolagoagrio.gob.ec)

Anexo Z: Resultado inicial

ANALISIS INTERMEDIO



GOBIERNO AUTÓNOMO DESCENTRALIZADO  
MUNICIPAL DE LAGO AGRIO



DIRECCIÓN DE AMBIENTE

INFORME DE

ENSAYO N°: 101812  
Análisis de Lodo en  
Tratamiento

Laboratorio de  
Ensayo del Relleno  
Sanitario del  
GADMLA

Datos Generales

Recogidas por..... Freddy Bayas / Andrés López.  
Fecha hora toma de muestra..... 2016-09-27 10:30  
Fecha hora ingreso al Laboratorio..... 2016-09-28 16:20  
Fecha de Análisis..... 2016-09-29 2016-10-11  
Condiciones Ambientales de Análisis..... T máx. 25.0 °C T mín. 22.0 °C

Tratamiento 1 de Control - Lodo + *Trichoderma harzianum*

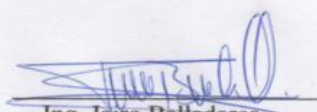
Item	Análisis Solicitado	Unidad	Muestra de lodo	PEE-GADMLA	Método/Norma Referencia	Incertidumbre (k=2)
1	Cobre	mg/Kg	113,00	PEE-GADMLA-06/26	EPA 3050 B; SM 3030 B, 3111 B	~
2	Plomo	mg/Kg	257,50	PEE-GADMLA-06/24	EPA 3050 B; SM 3030 B, 3111 B	± 7 %
3	Zinc	mg/Kg	236,00	PEE-GADMLA-06/29	EPA 3050 B; SM 3030 B, 3111 B	~
4	Arsénico	mg/Kg	<0,25	PEE-GADMLA-06/34	EPA 3050 B; SM 3030 B, 3111 B	~

Tratamiento 2 de Control - Lodo + *Pleurotus ostreatus*

Item	Análisis Solicitado	Unidad	Muestra de lodo	PEE-GADMLA	Método/Norma Referencia	Incertidumbre (k=2)
1	Cobre	mg/Kg	114,50	PEE-GADMLA-06/26	EPA 3050 B; SM 3030 B, 3111 B	~
2	Plomo	mg/Kg	255,50	PEE-GADMLA-06/24	EPA 3050 B; SM 3030 B, 3111 B	± 7 %
3	Zinc	mg/Kg	237,00	PEE-GADMLA-06/29	EPA 3050 B; SM 3030 B, 3111 B	~
4	Arsénico	mg/Kg	<0,25	PEE-GADMLA-06/34	EPA 3050 B; SM 3030 B, 3111 B	~



Ing. Pio Bravo  
Director de la Dirección de Ambiente



Ing. Jairo Balladares  
Responsable del Laboratorio

Dirección: Calle Manabí entre Velasco Ibarra y Cofanes, Telf. 2 835-544  
Correo electrónico: [dir\\_higiene@municipiolagoagrio.gob.ec](mailto:dir_higiene@municipiolagoagrio.gob.ec)

Anexo AA: Análisis intermedio





GOBIERNO AUTÓNOMO DESCENTRALIZADO  
MUNICIPAL DE LAGO AGRIO



DIRECCIÓN DE AMBIENTE

INFORME DE

ENSAYO N°: 101813

Análisis de Lodo en Tratamiento

Laboratorio de  
Ensayo del Relleno  
Sanitario del GADMLA

Datos Generales

Recogidas por..... Freddy Bayas / Andrés López.  
Fecha hora toma de muestra..... 2016-09-27 10:30  
Fecha hora ingreso al Laboratorio..... 2016-09-28 16:20  
Fecha de Análisis..... 2016-09-29 2016-10-11  
Condiciones Ambientales de Análisis..... T máx. 25.0 °C T mín. 22.0 °C

Tratamiento 1.1 - Lodo +Trichoderma harzianum + 60% cacao 40% olote						
Item	Análisis Solicitado	Unidad	Muestra de lodo	PEE-GADMLA	Método/Norma Referencia	Incertidumbre (k= 2)
1	Cobre	mg/Kg	91,00	PEE-GADMLA-06/26	EPA 3050 B; SM 3030 B, 3111 B	~
2	Plomo	mg/Kg	232,00	PEE-GADMLA-06/24	EPA 3050 B; SM 3030 B, 3111 B	± 7 %
3	Zinc	mg/Kg	222,50	PEE-GADMLA-06/29	EPA 3050 B; SM 3030 B, 3111 B	~
4	Arsénico	mg/Kg	<0,25	PEE-GADMLA-06/34	EPA 3050 B; SM 3030 B, 3111 B	~

Tratamiento 1.2 - Lodo +Trichoderma harzianum + 60% cacao 40% olote						
Item	Análisis Solicitado	Unidad	Muestra de lodo	PEE-GADMLA	Método/Norma Referencia	Incertidumbre (k= 2)
1	Cobre	mg/Kg	88,50	PEE-GADMLA-06/26	EPA 3050 B; SM 3030 B, 3111 B	~
2	Plomo	mg/Kg	236,50	PEE-GADMLA-06/24	EPA 3050 B; SM 3030 B, 3111 B	± 7 %
3	Zinc	mg/Kg	216,50	PEE-GADMLA-06/29	EPA 3050 B; SM 3030 B, 3111 B	~
4	Arsénico	mg/Kg	<0,25	PEE-GADMLA-06/34	EPA 3050 B; SM 3030 B, 3111 B	~

Tratamiento 1.3 - Lodo +Trichoderma harzianum + 60% cacao 40% olote						
Item	Análisis Solicitado	Unidad	Muestra de lodo	PEE-GADMLA	Método/Norma Referencia	Incertidumbre (k= 2)
1	Cobre	mg/Kg	88,00	PEE-GADMLA-06/26	EPA 3050 B; SM 3030 B, 3111 B	~
2	Plomo	mg/Kg	231,00	PEE-GADMLA-06/24	EPA 3050 B; SM 3030 B, 3111 B	± 7 %
3	Zinc	mg/Kg	228,50	PEE-GADMLA-06/29	EPA 3050 B; SM 3030 B, 3111 B	~
4	Arsénico	mg/Kg	<0,25	PEE-GADMLA-06/34	EPA 3050 B; SM 3030 B, 3111 B	~

Ing. Pio Bravo  
Director de la Dirección de Ambiente

Ing. Jairo Balladares  
Responsable del Laboratorio

Dirección: Calle Manabí entre Velasco Ibarra y Cofanes, Telf. 2 835-544

Correo electrónico: [dir\\_higiene@municipiolagoagrio.gob.ec](mailto:dir_higiene@municipiolagoagrio.gob.ec)

Anexo BB: Análisis intermedio



GOBIERNO AUTÓNOMO DESCENTRALIZADO  
MUNICIPAL DE LAGO AGRIO



DIRECCIÓN DE AMBIENTE

INFORME DE

ENSAYO N°: 101814

Análisis de Lodo en Tratamiento

Laboratorio de  
Ensayo del Relleno  
Sanitario del GADMLA

Datos Generales

Recogidas por.....Freddy Bayas / Andrés López.  
Fecha hora toma de muestra.....2016-09-27 10:30  
Fecha hora ingreso al Laboratorio.....2016-09-28 16:20  
Fecha de Análisis.....2016-09-29 2016-10-11  
Condiciones Ambientales de Análisis.....T máx. 25.0 °C T mín. 22.0 °C

Tratamiento 1.1 - Lodo +*Trichoderma harzianum* + 40% cacao 60% olote

Item	Análisis Solicitado	Unidad	Muestra de lodo	PEE-GADMLA	Método/Norma Referencia	Incertidumbre (k= 2)
1	Cobre	mg/Kg	69,00	PEE-GADMLA-06/26	EPA 3050 B; SM 3030 B, 3111 B	~
2	Plomo	mg/Kg	204,00	PEE-GADMLA-06/24	EPA 3050 B; SM 3030 B, 3111 B	± 7 %
3	Zinc	mg/Kg	215,50	PEE-GADMLA-06/29	EPA 3050 B; SM 3030 B, 3111 B	~
4	Arsénico	mg/Kg	<0,25	PEE-GADMLA-06/34	EPA 3050 B; SM 3030 B, 3111 B	~

Tratamiento 1.2 - Lodo +*Trichoderma harzianum* + 40% cacao 60% olote

Item	Análisis Solicitado	Unidad	Muestra de lodo	PEE-GADMLA	Método/Norma Referencia	Incertidumbre (k= 2)
1	Cobre	mg/Kg	78,50	PEE-GADMLA-06/26	EPA 3050 B; SM 3030 B, 3111 B	~
2	Plomo	mg/Kg	208,50	PEE-GADMLA-06/24	EPA 3050 B; SM 3030 B, 3111 B	± 7 %
3	Zinc	mg/Kg	209,50	PEE-GADMLA-06/29	EPA 3050 B; SM 3030 B, 3111 B	~
4	Arsénico	mg/Kg	<0,25	PEE-GADMLA-06/34	EPA 3050 B; SM 3030 B, 3111 B	~

Tratamiento 1.3 - Lodo +*Trichoderma harzianum* + 40% cacao 60% olote

Item	Análisis Solicitado	Unidad	Muestra de lodo	PEE-GADMLA	Método/Norma Referencia	Incertidumbre (k= 2)
1	Cobre	mg/Kg	73,50	PEE-GADMLA-06/26	EPA 3050 B; SM 3030 B, 3111 B	~
2	Plomo	mg/Kg	203,00	PEE-GADMLA-06/24	EPA 3050 B; SM 3030 B, 3111 B	± 7 %
3	Zinc	mg/Kg	217,50	PEE-GADMLA-06/29	EPA 3050 B; SM 3030 B, 3111 B	~
4	Arsénico	mg/Kg	<0,25	PEE-GADMLA-06/34	EPA 3050 B; SM 3030 B, 3111 B	~

  
Ing. Pio Bravo  
Director de la Dirección de Ambiente

  
Ing. Jairo Balladares  
Responsable del Laboratorio

Dirección: Calle Manabí entre Velasco Ibarra y Cofanes, Telf. 2 835-544

Correo electrónico: [dir\\_higiene@municipiolagoagrio.gob.ec](mailto:dir_higiene@municipiolagoagrio.gob.ec)

Anexo CC: Análisis intermedio





GOBIERNO AUTÓNOMO DESCENTRALIZADO  
MUNICIPAL DE LAGO AGRIO



DIRECCIÓN DE AMBIENTE

INFORME DE

ENSAYO N°: 101815

Análisis de Lodo en Tratamiento

Laboratorio de  
Ensayo del Relleno  
Sanitario del GADMLA

Datos Generales

Recogidas por.....Freddy Bayas / Andrés López.  
Fecha hora toma de muestra.....2016-09-27 10:30  
Fecha hora ingreso al Laboratorio.....2016-09-28 16:20  
Fecha de Análisis.....2016-09-29 2016-10-11  
Condiciones Ambientales de Análisis.....T máx. 25.0 °C T mín. 22.0 °C

Tratamiento 2.1 - Lodo + *Pleurotus ostreatus* + 60% cacao 40% olote

Item	Análisis Solicitado	Unidad	Muestra de lodo	PEE-GADMLA	Método/Norma Referencia	Incertidumbre (k= 2)
1	Cobre	mg/Kg	93,00	PEE-GADMLA-06/26	EPA 3050 B; SM 3030 B, 3111 B	~
2	Plomo	mg/Kg	197,00	PEE-GADMLA-06/24	EPA 3050 B; SM 3030 B, 3111 B	± 7 %
3	Zinc	mg/Kg	207,00	PEE-GADMLA-06/29	EPA 3050 B; SM 3030 B, 3111 B	~
4	Arsénico	mg/Kg	<0,25	PEE-GADMLA-06/34	EPA 3050 B; SM 3030 B, 3111 B	~


Tratamiento 2.2 - Lodo + *Pleurotus ostreatus* + 60% cacao 40% olote

Item	Análisis Solicitado	Unidad	Muestra de lodo	PEE-GADMLA	Método/Norma Referencia	Incertidumbre (k= 2)
1	Cobre	mg/Kg	93,00	PEE-GADMLA-06/26	EPA 3050 B; SM 3030 B, 3111 B	~
2	Plomo	mg/Kg	195,50	PEE-GADMLA-06/24	EPA 3050 B; SM 3030 B, 3111 B	± 7 %
3	Zinc	mg/Kg	199,00	PEE-GADMLA-06/29	EPA 3050 B; SM 3030 B, 3111 B	~
4	Arsénico	mg/Kg	<0,25	PEE-GADMLA-06/34	EPA 3050 B; SM 3030 B, 3111 B	~

Tratamiento 2.3 - Lodo + *Pleurotus ostreatus* + 60% cacao 40% olote

Item	Análisis Solicitado	Unidad	Muestra de lodo	PEE-GADMLA	Método/Norma Referencia	Incertidumbre (k= 2)
1	Cobre	mg/Kg	89,50	PEE-GADMLA-06/26	EPA 3050 B; SM 3030 B, 3111 B	~
2	Plomo	mg/Kg	189,00	PEE-GADMLA-06/24	EPA 3050 B; SM 3030 B, 3111 B	± 7 %
3	Zinc	mg/Kg	191,00	PEE-GADMLA-06/29	EPA 3050 B; SM 3030 B, 3111 B	~
4	Arsénico	mg/Kg	<0,25	PEE-GADMLA-06/34	EPA 3050 B; SM 3030 B, 3111 B	~

  
Ing. Pio Bravo  
Director de la Dirección de Ambiente

  
Ing. Jairo Balladares  
Responsable del Laboratorio

Dirección: Calle Manabí entre Velasco Ibarra y Cofanes, Telf. 2 835-544

Correo electrónico: [dir\\_higiene@municipiolagoagrio.gob.ec](mailto:dir_higiene@municipiolagoagrio.gob.ec)

Anexo DD: Análisis intermedio



GOBIERNO AUTÓNOMO DESCENTRALIZADO  
MUNICIPAL DE LAGO AGRIO



DIRECCIÓN DE AMBIENTE

INFORME DE

ENSAYO N°: 101816

Análisis de Lodo en Tratamiento

Laboratorio de  
Ensayo del Relleno  
Sanitario del GADMLA

Datos Generales

Recogidas por.....Freddy Bayas / Andrés López.  
Fecha hora toma de muestra.....2016-09-27 10:30  
Fecha hora ingreso al Laboratorio.....2016-09-28 16:20  
Fecha de Análisis.....2016-09-29 2016-10-11  
Condiciones Ambientales de Análisis.....T máx. 25.0 °C T mín. 22.0 °C

Tratamiento 2.1 - Lodo + *Pleurotus ostreatus* + 40% cacao 60% olote

Item	Análisis Solicitado	Unidad	Muestra de lodo	PEE-GADMLA	Método/Norma Referencia	Incertidumbre (k= 2)
1	Cobre	mg/Kg	98,00	PEE-GADMLA-06/26	EPA 3050 B; SM 3030 B, 3111 B	~
2	Plomo	mg/Kg	209,00	PEE-GADMLA-06/24	EPA 3050 B; SM 3030 B, 3111 B	± 7 %
3	Zinc	mg/Kg	200,70	PEE-GADMLA-06/29	EPA 3050 B; SM 3030 B, 3111 B	~
4	Arsénico	mg/Kg	<0,25	PEE-GADMLA-06/34	EPA 3050 B; SM 3030 B, 3111 B	~

Tratamiento 2.2 - Lodo + *Pleurotus ostreatus* + 40% cacao 60% olote

Item	Análisis Solicitado	Unidad	Muestra de lodo	PEE-GADMLA	Método/Norma Referencia	Incertidumbre (k= 2)
1	Cobre	mg/Kg	102,00	PEE-GADMLA-06/26	EPA 3050 B; SM 3030 B, 3111 B	~
2	Plomo	mg/Kg	218,70	PEE-GADMLA-06/24	EPA 3050 B; SM 3030 B, 3111 B	± 7 %
3	Zinc	mg/Kg	216,80	PEE-GADMLA-06/29	EPA 3050 B; SM 3030 B, 3111 B	~
4	Arsénico	mg/Kg	<0,25	PEE-GADMLA-06/34	EPA 3050 B; SM 3030 B, 3111 B	~

Tratamiento 2.3 - Lodo + *Pleurotus ostreatus* + 40% cacao 60% olote

Item	Análisis Solicitado	Unidad	Muestra de lodo	PEE-GADMLA	Método/Norma Referencia	Incertidumbre (k= 2)
1	Cobre	mg/Kg	103,60	PEE-GADMLA-06/26	EPA 3050 B; SM 3030 B, 3111 B	~
2	Plomo	mg/Kg	215,06	PEE-GADMLA-06/24	EPA 3050 B; SM 3030 B, 3111 B	± 7 %
3	Zinc	mg/Kg	217,00	PEE-GADMLA-06/29	EPA 3050 B; SM 3030 B, 3111 B	~
4	Arsénico	mg/Kg	<0,25	PEE-GADMLA-06/34	EPA 3050 B; SM 3030 B, 3111 B	~

Ing. Pio Bravo  
Director de la Dirección de Ambiente

Ing. Jairo Balladares  
Responsable del Laboratorio

Dirección: Calle Manabí entre Velasco Ibarra y Cofanes, Telf. 2 835-544

Correo electrónico: [dir\\_higiene@municipiolagoagrio.gob.ec](mailto:dir_higiene@municipiolagoagrio.gob.ec)

Anexo EE: Análisis intermedio





GOBIERNO AUTÓNOMO DESCENTRALIZADO  
MUNICIPAL DE LAGO AGRIO



DIRECCIÓN DE AMBIENTE

INFORME DE

ENSAYO N°: 101853

Análisis de Lodo Deshidratado

Laboratorio de  
ensayo del Relleno  
Sanitario del  
GADMLA

Datos Generales

Recogidas por.....Freddy Bayas / Andrés López.  
Fecha hora toma de muestra.....2016-10-31 10:40  
Fecha hora ingreso al Laboratorio.....2016-10-31 14:50  
Fecha de Análisis.....2016-11-04 2016-11-24  
Condiciones Ambientales de Análisis.....T máx. 25.0 °C T mín. 22.0 °C

Tratamiento 1 de Control - Lodo + <i>Trichoderma harzianum</i>						
Item	Análisis Solicitado	Unidad	Muestra de lodo	PEE-GADMLA	Método/Norma Referencia	Incertidumbre (k= 2)
1	Potencial hidrogeno	~	8,34	PEE-GADMLA-12	EPA 9045 C	± 0,08
2	Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	903,00	PEE-GADMLA-06/09	SM 5210 B	~
3	Cobre	mg/Kg	110,00	PEE-GADMLA-06/26	EPA 3050 B; SM 3030 B, 3111 B	~
4	Plomo	mg/Kg	249,50	PEE-GADMLA-06/24	EPA 3050 B; SM 3030 B, 3111 B	± 7 %
5	Zinc	mg/Kg	231,00	PEE-GADMLA-06/29	EPA 3050 B; SM 3030 B, 3111 B	~
6	Arsénico	mg/Kg	<0,25	PEE-GADMLA-06/34	EPA 3050 B; SM 3030 B, 3111 B	~
7	Coliformes Fecales	Col/100	<1000	PEE-GADMLA-43	SM 9222 D	~

Tratamiento 2 de Control - Lodo + <i>Pleurotus ostreatus</i>						
Item	Análisis Solicitado	Unidad	Muestra de lodo	PEE-GADMLA	Método/Norma Referencia	Incertidumbre (k= 2)
1	Potencial hidrogeno	~	8,23	PEE-GADMLA-12	EPA 9045 C	± 0,08
2	Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	858,00	PEE-GADMLA-06/09	SM 5210 B	~
3	Cobre	mg/Kg	113,00	PEE-GADMLA-06/26	EPA 3050 B; SM 3030 B, 3111 B	~
4	Plomo	mg/Kg	250,50	PEE-GADMLA-06/24	EPA 3050 B; SM 3030 B, 3111 B	± 7 %
5	Zinc	mg/Kg	233,00	PEE-GADMLA-06/29	EPA 3050 B; SM 3030 B, 3111 B	~
6	Arsénico	mg/Kg	<0,25	PEE-GADMLA-06/34	EPA 3050 B; SM 3030 B, 3111 B	~
7	Coliformes Fecales	Col/100	<1000	PEE-GADMLA-43	SM 9222 D	~

Ing. Jairo Balladares  
Responsable del Laboratorio



Ing. Pío Bravo  
Director de la Dirección de Ambiente

Dirección: Calle Manabí entre Velasco Ibarra y Cofanes, Telf. 2 835-544  
Correo electrónico: [dir\\_higiene@municipiolagoagrio.gob.ec](mailto:dir_higiene@municipiolagoagrio.gob.ec).

Anexo FF: Análisis intermedio.

## RESULTADOS FINAL



### GOBIERNO AUTÓNOMO DESCENTRALIZADO MUNICIPAL DE LAGO AGRIO



#### DIRECCIÓN DE AMBIENTE

INFORME DE

Laboratorio de  
ensayo del Relleno  
Sanitario del  
GADMLA

ENSAYO N°: 101854

Análisis de Lodo Deshidratado

#### Datos Generales

Recogidas por.....Freddy Bayas / Andrés López.  
Fecha hora toma de muestra.....2016-10-31 10:40  
Fecha hora ingreso al Laboratorio.....2016-10-31 14:50  
Fecha de Análisis.....2016-11-04 2016-11-24  
Condiciones Ambientales de Análisis.....T máx. 25.0 °C T mín. 22.0 °C

#### Tratamiento 1.1 - Lodo + *Trichoderma harzianum* + 60% cacao 40% olote

Item	Análisis Solicitado	Unidad	Muestra de lodo	PEE-GADMLA	Método/Norma Referencia	Incertidumbre (k= 2)
1	Potencial hidrogeno	~	7,34	PEE-GADMLA-12	EPA 9045 C	± 0,08
2	Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	270,00	PEE-GADMLA-06/09	SM 5210 B	~
3	Cobre	mg/Kg	69,00	PEE-GADMLA-06/26	EPA 3050 B; SM 3030 B, 3111 B	~
4	Plomo	mg/Kg	160,00	PEE-GADMLA-06/24	EPA 3050 B; SM 3030 B, 3111 B	± 7 %
5	Zinc	mg/Kg	180,50	PEE-GADMLA-06/29	EPA 3050 B; SM 3030 B, 3111 B	~
6	Arsénico	mg/Kg	<0,25	PEE-GADMLA-06/34	EPA 3050 B; SM 3030 B, 3111 B	~
7	Coliformes Fecales	Col/100	<1000	PEE-GADMLA-43	SM 9222 D	~

#### Tratamiento 1.2 - Lodo + *Trichoderma harzianum* + 60% cacao 40% olote

Item	Análisis Solicitado	Unidad	Muestra de lodo	PEE-GADMLA	Método/Norma Referencia	Incertidumbre (k= 2)
1	Potencial hidrogeno	~	7,32	PEE-GADMLA-12	EPA 9045 C	± 0,08
2	Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	218,00	PEE-GADMLA-06/09	SM 5210 B	~
3	Cobre	mg/Kg	69,00	PEE-GADMLA-06/26	EPA 3050 B; SM 3030 B, 3111 B	~
4	Plomo	mg/Kg	170,00	PEE-GADMLA-06/24	EPA 3050 B; SM 3030 B, 3111 B	± 7 %
5	Zinc	mg/Kg	173,50	PEE-GADMLA-06/29	EPA 3050 B; SM 3030 B, 3111 B	~
6	Arsénico	mg/Kg	<0,25	PEE-GADMLA-06/34	EPA 3050 B; SM 3030 B, 3111 B	~
7	Coliformes Fecales	Col/100	<1000	PEE-GADMLA-43	SM 9222 D	~

Dirección: Calle Manabí entre Velasco Ibarra y Cofanes, Telf. 2 835-544  
Correo electrónico: [dir\\_higiene@municipiolagoagrio.gob.ec](mailto:dir_higiene@municipiolagoagrio.gob.ec)

Anexo GG: Análisis final



GOBIERNO AUTÓNOMO DESCENTRALIZADO  
MUNICIPAL DE LAGO AGRIO



DIRECCIÓN DE AMBIENTE

Tratamiento 1.3 - Lodo + <i>Trichoderma harzianum</i> + 60% cacao 40% olote						
Item	Análisis Solicitado	Unidad	Muestra de lodo	PEE-GADMLA	Método/Norma Referencia	Incertidumbre (k= 2)
1	Potencial hidrogeno	~	7,32	PEE-GADMLA-12	EPA 9045 C	± 0,08
2	Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	246,00	PEE-GADMLA-06/09	SM 5210 B	~
3	Cobre	mg/Kg	66,00	PEE-GADMLA-06/26	EPA 3050 B; SM 3030 B, 3111 B	~
4	Plomo	mg/Kg	171,00	PEE-GADMLA-06/24	EPA 3050 B; SM 3030 B, 3111 B	± 7 %
5	Zinc	mg/Kg	187,50	PEE-GADMLA-06/29	EPA 3050 B; SM 3030 B, 3111 B	~
6	Arsénico	mg/Kg	<0,25	PEE-GADMLA-06/34	EPA 3050 B; SM 3030 B, 3111 B	~
7	Coliformes Fecales	Col/100	<1000	PEE-GADMLA-43	SM 9222 D	~

Ing. Jairo Balladares  
Responsable del Laboratorio



Ing. Pío Bravo  
Director de la Dirección de Ambiente

Dirección: Calle Manabí entre Velasco Ibarra y Cofanes, Telf. 2 835-544  
Correo electrónico: [dir\\_higiene@municipiolagoagrio.gob.ec](mailto:dir_higiene@municipiolagoagrio.gob.ec).





GOBIERNO AUTÓNOMO DESCENTRALIZADO  
MUNICIPAL DE LAGO AGRIO



DIRECCIÓN DE AMBIENTE

INFORME DE

Laboratorio de  
ensayo del Relleno  
Sanitario del  
GADMLA

ENSAYO N°: 101855

Análisis de Lodo Deshidratado

Datos Generales

Recogidas por.....Freddy Bayas / Andrés López.  
Fecha hora toma de muestra.....2016-10-31 10:40  
Fecha hora ingreso al Laboratorio.....2016-10-31 14:50  
Fecha de Análisis.....2016-11-04 2016-11-24  
Condiciones Ambientales de Análisis.....T máx. 25.0 °C T mín. 22.0 °C

Tratamiento 1.1 - Lodo + *Trichoderma harzianum* + 40% cacao 60% olote

Item	Análisis Solicitado	Unidad	Muestra de lodo	PEE-GADMLA	Método/Norma Referencia	Incertidumbre (k= 2)
1	Potencial hidrogeno	~	7,35	PEE-GADMLA-12	EPA 9045 C	± 0,08
2	Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	217,00	PEE-GADMLA-06/09	SM 5210 B	~
3	Cobre	mg/Kg	50,00	PEE-GADMLA-06/26	EPA 3050 B; SM 3030 B, 3111 B	~
4	Plomo	mg/Kg	155,00	PEE-GADMLA-06/24	EPA 3050 B; SM 3030 B, 3111 B	± 7 %
5	Zinc	mg/Kg	158,50	PEE-GADMLA-06/29	EPA 3050 B; SM 3030 B, 3111 B	~
6	Arsénico	mg/Kg	<0,25	PEE-GADMLA-06/34	EPA 3050 B; SM 3030 B, 3111 B	~
7	Coliformes Fecales	Col/100	<1000	PEE-GADMLA-43	SM 9222 D	~

Tratamiento 1.2 - Lodo + *Trichoderma harzianum* + 40% cacao 60% olote

Item	Análisis Solicitado	Unidad	Muestra de lodo	PEE-GADMLA	Método/Norma Referencia	Incertidumbre (k= 2)
1	Potencial hidrogeno	~	7,33	PEE-GADMLA-12	EPA 9045 C	± 0,08
2	Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	223,00	PEE-GADMLA-06/09	SM 5210 B	~
3	Cobre	mg/Kg	58,00	PEE-GADMLA-06/26	EPA 3050 B; SM 3030 B, 3111 B	~
4	Plomo	mg/Kg	166,00	PEE-GADMLA-06/24	EPA 3050 B; SM 3030 B, 3111 B	± 7 %
5	Zinc	mg/Kg	155,50	PEE-GADMLA-06/29	EPA 3050 B; SM 3030 B, 3111 B	~
6	Arsénico	mg/Kg	<0,25	PEE-GADMLA-06/34	EPA 3050 B; SM 3030 B, 3111 B	~
7	Coliformes Fecales	Col/100	<1000	PEE-GADMLA-43	SM 9222 D	~

Dirección: Calle Manabí entre Velasco Ibarra y Cofanes, Telf. 2 835-544  
Correo electrónico: [dir\\_higiene@municipiolagoagrio.gob.ec](mailto:dir_higiene@municipiolagoagrio.gob.ec).

Anexo HH: Análisis final





GOBIERNO AUTÓNOMO DESCENTRALIZADO  
MUNICIPAL DE LAGO AGRIO



DIRECCIÓN DE AMBIENTE

Tratamiento 1.3 - Lodo + <i>Trichoderma harzianum</i> + 40% cacao 60% plote						
Item	Análisis Solicitado	Unidad	Muestra de lodo	PEE-GADMLA	Método/Norma Referencia	Incertidumbre (k= 2)
1	Potencial hidrogeno	~	7,33	PEE-GADMLA-12	EPA 9045 C	± 0,08
2	Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	257,00	PEE-GADMLA-06/09	SM 5210 B	~
3	Cobre	mg/Kg	53,00	PEE-GADMLA-06/26	EPA 3050 B; SM 3030 B, 3111 B	~
4	Plomo	mg/Kg	156,00	PEE-GADMLA-06/24	EPA 3050 B; SM 3030 B, 3111 B	± 7 %
5	Zinc	mg/Kg	165,50	PEE-GADMLA-06/29	EPA 3050 B; SM 3030 B, 3111 B	~
6	Arsénico	mg/Kg	<0,25	PEE-GADMLA-06/34	EPA 3050 B; SM 3030 B, 3111 B	~
7	Coliformes Fecales	Col/100	<1000	PEE-GADMLA-43	SM 9222 D	~

Ing. Jairo Balladares  
Responsable del Laboratorio



Ing. Pío Bravo  
Director de la Dirección de Ambiente

Dirección: Calle Manabí entre Velasco Ibarra y Cofanes, Telf. 2 835-544  
Correo electrónico: [dir\\_higiene@municipiolagoagrio.gob.ec](mailto:dir_higiene@municipiolagoagrio.gob.ec).



GOBIERNO AUTÓNOMO DESCENTRALIZADO  
MUNICIPAL DE LAGO AGRIO



DIRECCIÓN DE AMBIENTE

INFORME DE

ENSAYO N°: 101856

Análisis de Lodo Deshidratado

Laboratorio de  
ensayo del Relleno  
Sanitario del  
GADMLA

Datos Generales

Recogidas por.....Freddy Bayas / Andrés López.  
Fecha hora toma de muestra.....2016-10-31 10:40  
Fecha hora ingreso al Laboratorio.....2016-10-31 14:50  
Fecha de Análisis.....2016-11-04 2016-11-24  
Condiciones Ambientales de Análisis.....T máx. 25.0 °C T mín. 22.0 °C

Tratamiento 2.1 - Lodo + *Pleurotus ostreatus* + 60% cacao 40% olote

Item	Análisis Solicitado	Unidad	Muestra de lodo	PEE-GADMLA	Método/Norma Referencia	Incertidumbre (k= 2)
1	Potencial hidrogeno	~	7,74	PEE-GADMLA-12	EPA 9045 C	± 0,08
2	Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	259,00	PEE-GADMLA-06/09	SM 5210 B	~
3	Cobre	mg/Kg	65,00	PEE-GADMLA-06/26	EPA 3050 B; SM 3030 B, 3111 B	~
4	Plomo	mg/Kg	149,00	PEE-GADMLA-06/24	EPA 3050 B; SM 3030 B, 3111 B	± 7 %
5	Zinc	mg/Kg	169,50	PEE-GADMLA-06/29	EPA 3050 B; SM 3030 B, 3111 B	~
6	Arsénico	mg/Kg	<0,25	PEE-GADMLA-06/34	EPA 3050 B; SM 3030 B, 3111 B	~
7	Coliformes Fecales	Col/100	<1000	PEE-GADMLA-43	SM 9222 D	~

Tratamiento 2.2 - Lodo + *Pleurotus ostreatus* + 60% cacao 40% olote

Item	Análisis Solicitado	Unidad	Muestra de lodo	PEE-GADMLA	Método/Norma Referencia	Incertidumbre (k= 2)
1	Potencial hidrogeno	~	7,72	PEE-GADMLA-12	EPA 9045 C	± 0,08
2	Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	247,00	PEE-GADMLA-06/09	SM 5210 B	~
3	Cobre	mg/Kg	60,00	PEE-GADMLA-06/26	EPA 3050 B; SM 3030 B, 3111 B	~
4	Plomo	mg/Kg	152,00	PEE-GADMLA-06/24	EPA 3050 B; SM 3030 B, 3111 B	± 7 %
5	Zinc	mg/Kg	165,50	PEE-GADMLA-06/29	EPA 3050 B; SM 3030 B, 3111 B	~
6	Arsénico	mg/Kg	<0,25	PEE-GADMLA-06/34	EPA 3050 B; SM 3030 B, 3111 B	~
7	Coliformes Fecales	Col/100	<1000	PEE-GADMLA-43	SM 9222 D	~

Dirección: Calle Manabí entre Velasco Ibarra y Cofanes, Telf. 2 835-544  
Correo electrónico: [dir\\_higiene@municipiolagoagrio.gob.ec](mailto:dir_higiene@municipiolagoagrio.gob.ec).

Anexo II: Análisis final



GOBIERNO AUTÓNOMO DESCENTRALIZADO  
MUNICIPAL DE LAGO AGRIO



DIRECCIÓN DE AMBIENTE

Tratamiento 2.3 - Lodo + <i>Pleurotus ostreatus</i> + 60% cacao 40% olote						
Item	Análisis Solicitado	Unidad	Muestra de lodo	PEE-GADMLA	Método/Norma Referencia	Incertidumbre (k= 2)
1	Potencial hidrogeno	~	7,73	PEE-GADMLA-12	EPA 9045 C	± 0,08
2	Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	240,00	PEE-GADMLA-06/09	SM 5210 B	~
3	Cobre	mg/Kg	62,00	PEE-GADMLA-06/26	EPA 3050 B; SM 3030 B, 3111 B	~
4	Plomo	mg/Kg	143,00	PEE-GADMLA-06/24	EPA 3050 B; SM 3030 B, 3111 B	± 7 %
5	Zinc	mg/Kg	162,50	PEE-GADMLA-06/29	EPA 3050 B; SM 3030 B, 3111 B	~
6	Arsénico	mg/Kg	<0,25	PEE-GADMLA-06/34	EPA 3050 B; SM 3030 B, 3111 B	~
7	Coliformes Fecales	Col/100	<1000	PEE-GADMLA-43	SM 9222 D	~

Ing. Jairo Balladares  
Responsable del Laboratorio



Ing. Pío Bravo  
Director de la Dirección de Ambiente





GOBIERNO AUTÓNOMO DESCENTRALIZADO  
MUNICIPAL DE LAGO AGRIO



DIRECCIÓN DE AMBIENTE

INFORME DE

Laboratorio de  
ensayo del Relleno  
Sanitario del  
GADMLA

ENSAYO N°: 101857

Análisis de Lodo Deshidratado

Datos Generales

Recogidas por.....Freddy Bayas / Andrés López.  
Fecha hora toma de muestra.....2016-10-31 10:40  
Fecha hora ingreso al Laboratorio.....2016-10-31 14:50  
Fecha de Análisis.....2016-11-04 2016-11-24  
Condiciones Ambientales de Análisis.....T máx. 25.0 °C T mín. 22.0 °C

Tratamiento 2.1 - Lodo + *Pleurotus ostreatus* + 40% cacao 60% olote

Item	Análisis Solicitado	Unidad	Muestra de lodo	PEE-GADMLA	Método/Norma Referencia	Incertidumbre (k= 2)
1	Potencial hidrogeno	~	7,68	PEE-GADMLA-12	EPA 9045 C	± 0,08
2	Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	298,00	PEE-GADMLA-06/09	SM 5210 B	~
3	Cobre	mg/Kg	67,00	PEE-GADMLA-06/26	EPA 3050 B; SM 3030 B, 3111 B	~
4	Plomo	mg/Kg	152,00	PEE-GADMLA-06/24	EPA 3050 B; SM 3030 B, 3111 B	± 7 %
5	Zinc	mg/Kg	160,50	PEE-GADMLA-06/29	EPA 3050 B; SM 3030 B, 3111 B	~
6	Arsénico	mg/Kg	<0,25	PEE-GADMLA-06/34	EPA 3050 B; SM 3030 B, 3111 B	~
7	Coliformes Fecales	Col/100	<1000	PEE-GADMLA-43	SM 9222 D	~

Tratamiento 2.2 - Lodo + *Pleurotus ostreatus* + 40% cacao 60% olote

Item	Análisis Solicitado	Unidad	Muestra de lodo	PEE-GADMLA	Método/Norma Referencia	Incertidumbre (k= 2)
1	Potencial hidrogeno	~	7,67	PEE-GADMLA-12	EPA 9045 C	± 0,08
2	Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	278,00	PEE-GADMLA-06/09	SM 5210 B	~
3	Cobre	mg/Kg	73,00	PEE-GADMLA-06/26	EPA 3050 B; SM 3030 B, 3111 B	~
4	Plomo	mg/Kg	159,00	PEE-GADMLA-06/24	EPA 3050 B; SM 3030 B, 3111 B	± 7 %
5	Zinc	mg/Kg	164,50	PEE-GADMLA-06/29	EPA 3050 B; SM 3030 B, 3111 B	~
6	Arsénico	mg/Kg	<0,25	PEE-GADMLA-06/34	EPA 3050 B; SM 3030 B, 3111 B	~
7	Coliformes Fecales	Col/100	<1000	PEE-GADMLA-43	SM 9222 D	~

Dirección: Calle Manabí entre Velasco Ibarra y Cofanes, Telf. 2 835-544  
Correo electrónico: [dir\\_higiene@municipiolagoagrio.gob.ec](mailto:dir_higiene@municipiolagoagrio.gob.ec).

Anexo JJ: Análisis final



GOBIERNO AUTÓNOMO DESCENTRALIZADO  
MUNICIPAL DE LAGO AGRIO



DIRECCIÓN DE AMBIENTE

Tratamiento 2.3 - Lodo + <i>Pleurotus ostreatus</i> + 40% cacao 60% olote						
Item	Análisis Solicitado	Unidad	Muestra de lodo	PEE-GADMLA	Método/Norma Referencia	Incertidumbre (k= 2)
1	Potencial hidrogeno	~	7,70	PEE-GADMLA-12	EPA 9045 C	± 0,08
2	Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	285,00	PEE-GADMLA-06/09	SM 5210 B	~
3	Cobre	mg/Kg	77,00	PEE-GADMLA-06/26	EPA 3050 B; SM 3030 B, 3111 B	~
4	Plomo	mg/Kg	161,00	PEE-GADMLA-06/24	EPA 3050 B; SM 3030 B, 3111 B	± 7 %
5	Zinc	mg/Kg	171,50	PEE-GADMLA-06/29	EPA 3050 B; SM 3030 B, 3111 B	~
6	Arsénico	mg/Kg	<0,25	PEE-GADMLA-06/34	EPA 3050 B; SM 3030 B, 3111 B	~
7	Coliformes Fecales	Col/100	<1000	PEE-GADMLA-43	SM 9222 D	~

Ing. Jairo Balladares  
Responsable del Laboratorio



Ing. Pio Bravo  
Director de la Dirección de Ambiente

Dirección: Calle Manabí entre Velasco Ibarra y Cofanes, Telf. 2 835-544  
Correo electrónico: [dir\\_higiene@municipiolagoagrio.gob.ec](mailto:dir_higiene@municipiolagoagrio.gob.ec).